Das Wasser im Flutgebiete der Weser.

Eine chemisch-geologische Untersuchung.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde

verfasst und bei der

hohen philosophischen Fakultät der Universität Rostock

eingereicht von

Friedrich Seyfert,

Assistent der Moor-Versuchsstation in Bremen.

Bremen.

Max Nössler's Buchdruckerei.

1893.

Das Wasser im Flutgebiete der Weser.

Eine chemisch-geologische Untersuchung.

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde

verfasst und bei der

hohen philosophischen Fakultät der Universität Rostock

eingereicht von

Friedrich Seyfert,

Assistent der Moor-Versuchsstation in Bremen.

Bremen.

Max Nössler's Buchdruckerei.

1893.

Referenten:

Herr Professor Dr. Michaelis.

Herr Professor Dr. Geinitz.

Inhalt.

Seite

1. Das Material 1
2. Die Untersuchung 4
3. Die Ergebnisse. — Beziehungen zwischen Weserwasser und Seewasser.
   A. Die gelösten Stoffe 14
   B. Die suspendierten Stoffe 29
4. Chemisch-geologische Beziehungen zwischen dem Gebiete und dem Wasser der Weser.
   A. Kurze Übersicht über die geologische Beschaffenheit des Wesergebietes 36
   B. Die Abtragung des Flussgebietes durch Tagewasser 41
   C. Die Abtragung des Flussgebietes durch Quellwasser 45
   D. Die Abtragung quantitativ betrachtet 48
   E. Kurzer Vergleich mit anderen Flüssen 52

Dazu 3 Tabellen und 2 Tafeln.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553619_0232

Das Wasser im Flutgebiete der Weser.

1. Das Material.

Als der Staat Bremen im Frühjahr 1887 mit dem Unternehmen der Korrektion der Unterweser, d. h. Herstellung einer tieferen Fahrrinne von See nach dem Freihafen in Bremen, begann, wurde es notwendig, das Weserwasser an mehreren Punkten regelmässig auf seinen Salzgehalt zu untersuchen, und zwar aus folgendem Grunde:

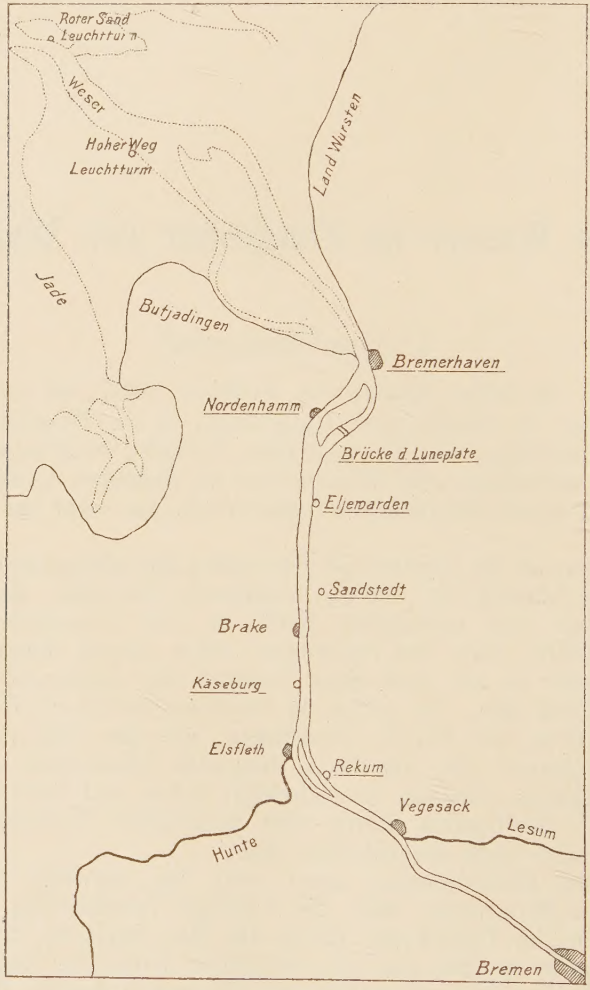
In den an die Unterweser grenzenden Marschgegenden fürchtete man, dass künftig die von See kommende Flutwelle, die, wie berechnet war, mit verstärkter Kraft in dem Strombette aufwärts dringen sollte, auch das Salzwasser höher hinauf drängen würde. Danach sollte es nur noch unter Nachteil oder Gefahr für den Viehstand möglich sein, wie seither in trockener Jahreszeit Weserwasser in die Gräben der Marsch einzulassen, um das Vieh zu tränken. Das Grundwasser der vom Fluss bespülten Ländereien würde sich dann gleichfalls allmählig verschlechtert haben und wäre salzreicher geworden. Schliesslich würde eine nachteilige Wirkung auf den Pflanzenwuchs nicht ausgeblieben sein.

Diesen Befürchtungen stand zwar das Ergebnis der hydrotechnischen Berechnung über die künftige Verschiebung des Salzgehaltes in der Unterweser durch die Flut entgegen, doch konnte nicht erwartet werden, dass die beteiligten Kreise bei dem Ergebnis der für Laien nicht verständlichen Vorausberechnung Beruhigung fassten, sondern es musste danach getrachtet werden, die Spur des Seewassers in der Unterweser unmittelbar nachzuweisen. Die Uferstaaten kamen bei ihren Verhandlungen daher überein, dass längere Zeit hindurch das Wasser der Unterweser an mehreren Stellen regelmässig auf seinen Salzgehalt geprüft werden sollte.

Infolgedessen wurden seit Juni 1887 an sieben Punkten in der Unterweser jeden Sonnabend bei Hochwasser mit gleichartigen,

flaschenförmigen und erst unter Wasser zu öffnenden Gefässen in $1^1/_2$ m Tiefe unter der Oberfläche Wasserproben geschöpft und dann der Moor-Versuchsstation in Bremen übergeben, damit der Gehalt an Chlor bestimmt würde.

Ein Ort der Unterweser hat dann Hochwasser, wann die aus dem Meere kommende Flutwelle mit ihrem Scheitel angelangt ist.



In dem Flussgebiete, wo noch Ebbe und Flut des Meeres bemerkt wird, bezeichnet demnach Hochwasser den nach jeder Ebbe mit der Flut sich einstellenden, höchsten Wasserstand, bezeichnet also den Gipfel der immer wiederkehrenden, periodischen Hebung des Wasserspiegels. Im Oberlaufe eines Flusses dagegen bedeutet Hochwasser etwas anderes und zwar eine aussergewöhnliche Überfüllung seines Bettes mit Wasser infolge reichlicher Niederschläge aus der Atmosphäre.

Die Flutwelle schreitet von der Wesermündung aufwärts fort, das Hochwasser kann also an Punkten, die an der Unterweser entlang verteilt sind, nicht gleichzeitig eintreten, doch kann der Eintritt des Hochwassers für jeden Ort vorausberechnet werden. Daher sind die Wasserproben an den sieben Punkten der Unterweser in aufeinanderfolgenden Zeiten geschöpft worden, und zwar eine jede um so eher, je näher die Schöpfstelle der Mündung liegt. Der Zeitpunkt, zu dem an der obersten Schöpfstelle geschöpft wurde, fiel, wenn der Unterschied gross wurde, 2 Stunden und 40 bis 50 Minuten später als der Zeitpunkt, wann bei Bremerhaven der Mündung zunächst geschöpft worden war.

Die sieben Schöpfstellen, deren Lage die beigegebene Kartenskizze andeutet, waren die folgenden:

I. bei Bremerhaven;
II. bei Nordenhamm, von I. etwa 9 km entfernt;
IIa. zwischen der Luneplate und dem Festlande vor dem Überlander Siel (Brücke nach der Luneplate), von I. etwa 7 km entfernt, Nordenhamm schräg gegenüber im rechten Arme der Weser gelegen, die hier durch eine Insel, die Luneplate, gespalten wird;
III. bei Eljewarden, vor dem Neuenlander Siel, von I. etwa 17 km entfernt;
IV. bei Sandstedt, von I. etwa 24 km stromaufwärts gelegen;
V. bei Käseburg, von I. etwa 32 km stromaufwärts gelegen;
VI. bei Rekum, von I. etwa 41 km stromaufwärts entfernt.

Die Moorversuchsstation gelangte in den Besitz von Wasserproben aus der Unterweser, die so zuverlässig und regelmässig entnommen worden waren, wie es wohl nur sehr selten vorkommt. Auf Veranlassung des damaligen Leiters der Versuchsstation, des Herrn Professor Dr. Fleischer, wurde das wertvolle Material näher untersucht. Die Ergebnisse habe ich in der vorliegenden Abhandlung niedergelegt. Vornehmlich wollte ich feststellen,

welche Bestandteile oder Verbindungen der Fluss dem Meere unter verschiedenen Verhältnissen, sowohl in gelöster, als in suspendierter Form, zuführt, und in welchen Mengen, ferner:

welche Veränderungen das Flusswasser unterm Einflusse des Meerwassers erleidet und

ob die in dem Wasser gelösten und die darin suspendierten oder daraus sich absetzenden Stoffe auf einander einwirken, um dadurch die Entstehung des Seeschlicks näher erklären zu können.

Die zu Gebote stehenden hydrotechnischen Ermittelungen über die bewegten Wassermengen ermöglichten es, die Verhältnisse auch quantitativ näher zu betrachten.

Zu dem Zwecke wurde das an den einzelnen Stellen geschöpfte Wasser in sieben Glasballons, die bis 30 l und mehr fassten, aufgesammelt. Wenn die Wasserproben eingeliefert worden waren, wurden die mit Korbgeflecht umschlossenen Gefässe vor ihrer Entleerung gut durchgeschüttelt, und aus jedem wurde 1 l abgemessen, dann

in den mit dem Orte der Probeentnahme bezeichneten Glasballon gegossen.

Von jeder der sieben Schöpfstellen in der Unterweser sammelten sich in dieser Weise Wassermischungen an, die von den dort abgesandten Proben je 1 l Wasser samt suspendierten Stoffen enthielten. Ausgeschieden wurden aus dieser Sammlung alle bei Niedrigwasser (Ebbe), sowie die nicht im Strome, sondern hinter den Deichen oder überhaupt ausnahmsweise, nicht am Sonnabend geschöpften Proben. Sie waren gegenüber den regelmässig geschöpften Proben an Zahl gering.

Das für die vorliegende Untersuchung gesammelte Wasser stellte in seiner Zusammensetzung lediglich das Wasser dar, das sich zur Zeit des Hochwassers in dem Flussbette bewegte. Das Sammeln des Wassers zerfiel während des Jahres in zwei Abschnitte, wovon der eine mit der kälteren Jahreszeit, in der die Weser viel Wasser führte, der andere mit der wärmeren Jahreszeit, wo der Wasserstand im oberen Laufe des Flusses durchschnittlich niedriger blieb, zusammenfallen sollte.

Nachstehend ist angegeben, welche Wassermengen im ganzen und während welcher Zeiträume sie von den einzelnen Schöpfstellen gesammelt worden sind.

		4. Juni 1887 bis 1. Oktober 1887.	25. Februar 1888 bis 15. Sept. 1888.	15. Sept. 1888 bis 25. Mai 1889.	1. Juni 1889 bis 12. Okt. 1889.	19. Okt. 1889 bis 15. März 1890.	22. März 1890 bis 4. Okt. 1890.	11. Okt. 1890 bis 4. April 1891.	11. April 1891 bis 6. Juni 1891.
I. Bremerhaven . .	l	18	27	39	19	22	26	24	9
II. Nordenhamm . .	„	17	29	35	19	22	29	24	9
IIa. Brücke nach der Luneplate . .	„	17	27	36	17	22	24	18	8
III. Eljewarden . . .	„	19	27	34	18	21	27	20	9
IV. Sandstedt . . .	„	19	25	35	20	21	28	25	8
V. Käseburg . . .	„	19	25	30	18	17	34	15	9
VI. Rekum	„	19	27	34	20	21	29	23	9

2. Die Untersuchung.

In den Glasballons vollzog sich vollständig die Scheidung der suspendierten Teilchen von dem Wasser, indem sie sich allmählich auf dem Boden ablagerten, während das darüber stehende Wasser spiegelklar wurde, und, soweit es von den oberen Schöpfstellen herrührte, nur einen schwach gelblichen Farbenton zeigte, der auf gelöste, organische Substanz zurückzuführen war.

Das klare Wasser wurde mit einem Heber abgezogen. Je nach dem Gehalte an gelösten Salzen wurden grössere oder geringere Mengen in Platinschalen, und zwar auf dem Wasserbade, unter Vermeidung von Verunreinigung durch Verbrennungsprodukte von Leucht-

gas oder dergleichen, eingedampft, so von den Schöpfstellen VI, V und IV acht, sechs, mindestens aber vier Liter, von den Stellen III und IIa höchstens fünf und mindestens drei Liter, von dem Wasser der Schöpfstelle II meist nur zwei Liter, von I ein, höchstens zwei Liter. Der Bodensatz der Ballons wurde quantitativ in ein grosses Glasgefäss gespült, in diesem belassen, bis er sich nochmals vollständig abgesetzt hatte, dann auf ein gewogenes Filter gespült, wo mit möglichst wenig destilliertem Wasser nachgewaschen wurde, und schliesslich getrocknet, damit die Trockensubstanz der suspendierten Stoffe ermittelt werden konnte.

Gegen die Behandlung der suspendierten Stoffe mit destilliertem Wasser könnte vielleicht der Einwand erhoben werden, dass manche Bestandteile, die sich in dem mit Kochsalz und Magnesiasalzen angereicherten Weserwasser unlöslich abgeschieden hatten, aufgelöst worden seien. Die Filter, die den Schlamm von den drei obersten Schöpfstellen enthielten, brauchten indessen nur mit wenig destilliertem Wasser begossen zu werden, und die Unlöslichkeit dieser suspendierten Stoffe dürfte in dem unvermischten Weserwasser wohl nicht viel grösser als in destilliertem Wasser gewesen sein. Andererseits musste das Papier der Filter, die den Schlick von den unteren Schöpfstellen fassten, ausgewaschen werden, um die erheblichen Salzmengen daraus zu entfernen. Ein Aufrühren des Filterinhaltes wurde thunlichst vermieden.

Von dem klaren Wasser war von vornherein anzunehmen, dass es eine Mischung von Seewasser mit Flusswasser sei, dass also da, wo viel Seewasser zugegen, an den unteren Schöpfstellen, das Wasser einen hohen Gehalt an Bestandteilen, die für Seewasser charakteristisch sind — vornehmlich Chlor, Magnesia, Schwefelsäure —, zeigen würde. Die Bestandteile, die ermittelt wurden, und die Art und Weise ihrer Bestimmung werden nachstehend besprochen.

Die Genauigkeit, mit der der Trockenrückstand und der Glührückstand bestimmt werden konnten, hing ganz von der Menge der Chloride und besonders der Magnesiaverbindungen ab. Während der Rückstand des Wassers von den Schöpfstellen VI und V, weniger rasch der von IV stammende, beim Trocknen in einem Luftbade sehr bald sein konstantes Gewicht erreichte, wobei es geringen Unterschied machte, ob bei 110° C., 115°, 120° oder auch bei 130° C. getrocknet wurde, war es nicht möglich, für das salzreichere Wasser, das von Eljewarden bis Bremerhaven entnommen war, einen Rückstand zu ermitteln, der ein konstantes Trockengewicht gezeigt hätte. Einerseits gaben namentlich die hygroskopischen Chloride und Sulfate des Magnesiums und Calciums das Wasser nur unvollständig ab, andererseits aber, wenn höhere Temperaturen, so z. B. bis 170° C., angewendet wurden, zersetzte sich der Rückstand, es begann Salzsäure, und wenn der Inhalt der Platinschalen, besonders der von Bremerhaven und von Nordenhamm stammende, schwach geglüht wurde, auch Chlor zu entweichen. Bekanntlich ist Chlormagnesium für sich und in Berührung mit anderen Salzen in hoher Temperatur sehr leicht zersetzbar.

Kohlensäure wurde in dem Trockenrückstande in bekannter Weise bestimmt, indem das Gas mit verdünnter Salzsäure freigemacht und nachdem es getrocknet war, in Kalilauge aufgefangen und unmittelbar gewogen wurde.

Die so ermittelte Kohlensäure würde als „gebundene", wie die gebräuchliche Bezeichnung lautet, zu betrachten sein. Nun ist bekannt*), dass in Meerwasser die Menge der gebundenen Kohlensäure nicht ermittelt werden kann, indem man abdampft und in dem Rückstande die Kohlensäure bestimmt. Denn die neutralen Karbonate werden von den gelösten Magnesiumsalzen zersetzt, indem Kohlensäure entweicht. Der gleiche Vorgang wird statthaben, wenn stark mit Seewasser vermischtes Flusswasser eingedampft wird. Man kann aber bei vorsichtigem Verdampfen von Meerwasserproben unter möglichst gleichen Bedingungen Rückstände mit annähernd gleichen Mengen gebundener Kohlensäure erhalten. Daher werden sich in dem Rückstande von Flusswasser, das mit Seewasser gemischt war und auf dem Wasserbade eingedampft wurde, Kohlensäuremengen befinden, die um so geringer ausfallen, je mehr Seewasser und somit Magnesiumsalz vorhanden gewesen ist. Nebenbei bemerkt, das traf zu, indem die Rückstände des Wassers der untersten Schöpfstellen Kohlensäuremengen enthielten, nach welchen dieses Wasser ärmer an gebundener Kohlensäure gewesen wäre als das Wasser der oberen Schöpfstellen. Dagegen wird man mit einiger Sicherheit die Kohlensäure in dem Rückstande von Flusswasser, das so wenig Magnesiumsalze enthält, wie das bei Rekum, Käseburg und Sandstedt geschöpfte Weserwasser, als denjenigen Betrag Kohlensäure betrachten können, der dem Gehalte des Wassers an „gebundener" Kohlensäure nahekommt. Wenn daher weiter unten in der Tabelle für die Schöpfstellen VI, V und IV Ziffern als die im Wasser vorhanden gewesenen Mengen gebundener Kohlensäure angeführt werden, so geschieht das nur des Vergleichs wegen zwischen dem Wasser der warmen und demjenigen der kalten Jahreszeit.

Eine Bestimmung der halbgebundenen und der gebundenen Kohlensäure nach einer der bekannten Methoden in dem Sammelwasser auszuführen, fehlte es ganz an Zeit. Die Bestimmung der halbgebundenen Kohlensäure nach einer in dem bekannten Werke von Kubel-Tiemann angegebenen Methode wurde zwar an zwei Reihen Sammelwasser versucht, wobei die Bestimmungen doppelt ausgeführt wurden, es stellte sich aber heraus, dass für Seewasser, auch wenn es verdünnt ist, die übliche Bestimmung der halbgebundenen Kohlensäure nicht ohne weiteres brauchbar ist. Davon, die im Wasser vorhandene, freie Kohlensäure zu bestimmen, war nach Art der Probenahme und wegen des Umschüttelns der Einzelproben auf dem Transport und im Laboratorium, sowie wegen der langen Aufbewahrung vor der Untersuchung von vornherein abzusehen.

*) Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S. M. Knbt. „Drache" in der Nordsee in dem Sommer 1881, 1882, 1884. Veröffentlicht vom hydrographischen Amt der Admiralität. Berlin 1886. Kapitel IV: Chemische Untersuchungen, bearbeitet von Prof. Dr. Jacobsen.

Ohne Interesse wäre es jedenfalls nicht gewesen, wenn der Gehalt des Flusswassers an Kohlensäure oder auch nur an Karbonaten, wenn es sich am stärksten mit Seewasser vermischt hat, an den verschiedenen Schöpfstellen hätte verfolgt werden können. Nach dem, was über die Zusammensetzung ozeanischen Wassers bisher ermittelt worden ist, ist der Gehalt der Wasseroberfläche an neutral gebundener Kohlensäure ein sehr gleichmässiger, und als der gewöhnlichere Fall wird es betrachtet, dass das Süsswasser, wenigstens in den grösseren Strömen, weniger neutral gebundene Kohlensäure enthält als das Meerwasser. Denn in Meerwasser, das durch Süsswasser verdünnt war, ist absolut weniger Kohlensäure gefunden worden als im unverdünnten. Hiernach hätte ich voraussetzen und mittels geeigneten Untersuchungsverfahrens finden müssen, dass die Unterweser, nachdem das Seewasser in den Fluss eingedrungen ist, zur Hochwasserzeit, einen von oberhalb nach unterhalb zunehmenden Gehalt an kohlensauren Salzen besitzt.

Das vollkommen klare Sammelwasser enthielt organische Substanz in Lösung, die, wenn sie nur nach dem geringen Unterschied in der Färbung des Wassers abgeschätzt wurde, in dem oberhalb geschöpften Wasser als reichlicher vorhanden anzunehmen war, als in dem von Bremerhaven und Nordenhamm.

Auf die Bestimmung dieser organischen Substanz darf, da sie grossen Aufwand an Zeit und Mühe verursachte, näher eingegangen werden.

Allgemein pflegt man in Wasser die organische Substanz zu bestimmen, indem man sie mittels Kaliumpermanganat oxydiert und ihre Menge nach dem Verbrauch an genanntem Salze bemisst. Man kommt hierbei, weil die Oxydation in stark schwefelsaurer Lösung zu Ende geführt wird, zu erheblichen Irrtümern, sobald dem Wasser Chloride beigemischt sind. Denn es wird Salzsäure in Freiheit gesetzt, die durch Kaliumpermanganat ebenfalls oxydiert und zerlegt wird.

Hätte ich in dieser Weise das an den sieben Schöpfstellen der Unterweser gesammelte Wasser untersucht, so hätte sich von Rekum bis Bremerhaven fälschlich eine fortwährende Zunahme der gelösten, organischen Substanz ergeben. Es war aber anzunehmen, dass das Gegenteil richtig sei. Denn wo sich in der Litteratur Angaben über die Zusammensetzung von Meerwasser an verschiedenen Punkten der Erde finden, ist die gelöste, organische Substanz, falls sie überhaupt bestimmt wurde, immer nur als in Spuren vorhanden angegeben. Mischt sich also, wie in der Wesermündung, Flusswasser mit Seewasser, so kann eine Zunahme der organischen, gelösten Stoffe im Vergleich mit der im Oberlaufe des Flusses durchschnittlich vorhandenen Menge nicht vorausgesetzt werden.

Es wurde an einer grösseren Anzahl der Trockenrückstände des Sammelwassers versucht, die organische Substanz vergleichsweise zu bestimmen, indem jene schwach geglüht wurden, wobei die organische Substanz verkohlt zurückblieb. Diese Menge Kohlenstoff liess sich dann, wie es bei Bestimmungen von Reinasche geschieht,

ermitteln. Die Ergebnisse waren aber bei den oft kaum wägbaren Mengen Kohlenstoff, die beim Glühen blieben, sehr unsicher und die daraus zu ziehenden Schlüsse ohne Wert.

So galt es, ein Verfahren ausfindig zu machen, das trotz der grossen Mengen Chlor, die in dem Wasser an den unteren Schöpfstellen vorkamen, anwendbar sei. Es lag nahe, um ein expedites Verfahren zu gewinnen, das zur Bestimmung der organischen oder Humusstoffe in Bodenproben gebräuchliche dem vorliegenden Zwecke anzupassen. Daher wurden die Wasserproben zunächst in grossen Porzellanschalen über freier Flamme, weiter auf dem Wasserbade und endlich in einem sogenannten Erlenmeyer'schen Kölbchen eingedampft. Wenn nun die organische Substanz des Rückstandes mittels Chromsäure völlig oxydiert wurde, gab die entstandene Kohlensäure einen Massstab für die Menge der vorhandenen organischen Substanz ab.

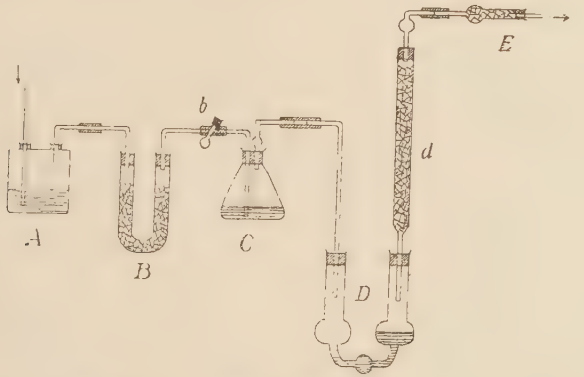
Es wird zwar eingewendet werden, dass die völlige Oxydation von Kohlenstoff durch Chromsäure zu Kohlensäure nicht ganz sicher sei, doch ist in neuerer Zeit die oxydierende Kraft der Chromsäure genügend befunden worden, um sie zur Ermittelung der elementaren Zusammensetzung von Kohlenstoffverbindungen*) zu verwenden. Im vorliegenden Falle handelte es sich zudem um die Bestimmung organischer Substanz, die in Wasser völlig gelöst gewesen ist und in fein verteiltem Zustande von der Chromsäure angegriffen werden konnte, die stets in grossem Überschusse zugegen gewesen ist. Die Oxydation konnte beim Erwärmen schwerlich unvollkommen bleiben. Schliesslich kann auf eine Zusammenstellung weiter unten verwiesen werden, aus der hervorgeht, dass die Oxydation der organischen Substanz in gleich grossen Mengen desselben Wassers genügend übereinstimmende Mengen Kohlensäure zu liefern vermochte. Vor allem ist zu berücksichtigen, dass nach dem üblichen Kaliumpermanganatverfahren nur 100 cc Wasser untersucht werden können, und dass das Ergebnis von der Menge des einwirkenden Permanganats beeinflusst wird, während die nach Oxydation mit Chromsäure erhaltenen Werte auf Wassermengen, die sich nach Litern bemessen, bezogen werden können.

Jeder Wasserrückstand war in einem Erlenmeyer'schen Kölbchen auf etwa 20 cc eingeengt worden, auch die salzreichen Rückstände soweit, dass ausser dem sich abscheidenden Krystallbrei noch etwa 20 cc Flüssigkeit vorhanden waren. Dann wurden wenigstens 30 cc konzentrierte Schwefelsäure zugesetzt und durch die Flüssigkeit $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunde lang ein rascher Luftstrom gesogen, um alle Kohlensäure auszutreiben. Durch die Schwefelsäure wurde auch Salzsäure in Freiheit gesetzt. Bei den Wasserproben der untersten Schöpfstellen (das Sammelwasser I enthielt mindestens 2,6 g Cl in 1 l) waren daher schon auf dem Wasserbade zum Schluss kleine Mengen starker Schwefelsäure zugefügt worden, um alle Chloride in Sulfate zu verwandeln und, soweit möglich, die Salzsäure auszutreiben. Ein Rest Salzsäure blieb immer darin, da die Flüssigkeit nicht zur

*) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. 1888. XXI. S. 2910—2919.

Trockne gebracht und nicht gekocht werden durfte, um Zersetzung und Verlust an organischer Substanz zu vermeiden.

Das erwähnte Erlenmeyer'sche Kölbchen wurde mit einem doppelt durchbohrten Stopfen verschlossen, worin sich ein Glasrohr befand, durch das, wenn eine Kautschukverbindung geöffnet war, sich von Kohlensäure befreite Luft einsaugen liess, während ein zweites Rohr mit einer kleinen Kugel nach einem Peligot-Rohre führte, das 25 bis 35 cc einer 50prozentigen Kalilauge fasste, die frei von Schwefelsäure war und möglichst wenig Kohlensäure enthielt. In das Kölbchen wurde in Mengen von 10 bis 15 g gepulvertes Kaliumbichromat geschüttet, dann ward es rasch geschlossen, und während das Luft zulassende Rohr mit einem Quetschhahn verschlossen blieb, wurde ganz allmählich unter Umschwenken, so dass die sich ausscheidende Chromsäure sich möglichst gleichmässig verteilte und löste, bis zum beginnenden Sieden erhitzt. Aus der beigegebenen Zeichnung wird die Zusammenstellung des Apparates deutlich.



A ist ein Glasgefäss mit zwei Öffnungen zum Eintritt und Austritt der Luft, die in *A* durch konzentrierte Schwefelsäure getrocknet und in *B*, mittels Kalihydrat in Stückchen, von Kohlensäure befreit worden ist. — *b* ist ein durch Quetschhahn zu bewirkender Verschluss, der ein Zurücksteigen der Flüssigkeit von *C* nach *B* verhindert. — *C* ist ein Erlenmeyer'sches Kölbchen, worin die Oxydation vor sich geht. — *D* ist das Kalilauge enthaltende Peligot-Rohr mit einem Aufsatz *d*, der Glasperlen enthält. *D* wird mit Kalilauge beschickt, indem man diese aus einer Pipette an dem oberen Ende von *d* einfliessen lässt. — *E* ist ein Röhrchen, das Kalihydrat in Stückchen enthält und beim Zurücksteigen der Flüssigkeit, in *D* nach *C* hin, das Nachdringen von Kohlensäure aus der Luft zu hindern hat.

Nach der Oxydation, wenn das Kölbchen sich etwas abgekühlt hatte, wobei überschüssige Chromsäure auszukrystallisieren begann, wurde alsbald ein langsamer, kohlensäurefreier Luftstrom $^3/_4$ Stunde lang durch den Apparat gesogen. Die aus der organischen Substanz des Wasserrückstandes gebildete Kohlensäure blieb hierbei in der Kalilauge des Peligot-Rohres zurück. Endlich wurde diese Kalilauge, deren ursprünglicher Gehalt an Kohlensäure bestimmt worden sein muss, aus dem Peligot-Rohre mit Hilfe ausgekochten Wassers in ein Messkölbchen (250 cc) gespült, hier mit 50 cc durchaus reiner Barytlauge von bekanntem Gehalte versetzt, zur Marke aufgefüllt und

umgeschüttelt. Nach längerem Stehen des Kölbchens, wenn der Niederschlag von kohlensaurem Baryt sich abgesetzt hatte, wurde der in Lösung verbliebene Baryt bestimmt. Unter Berücksichtigung der von Anfang an in der Kalilauge vorhandenen Kohlensäure ergiebt die Differenz zwischen dem in dem Messkölbchen noch gelöst vorhandenen und dem ausgefällten Baryt diejenige Menge Kohlensäure, die dem Gehalte der untersuchten Wassermenge an organischer Substanz entspricht.

Um das die Kohlensäure begleitende, durch Oxydation von Salzsäure entstandene Chlor unschädlich zu machen, war vielerlei versucht worden. Für einige Zeit brauchbar hatte sich eine Waschflüssigkeit erwiesen, die hergestellt war, indem eine starke Lösung von Kaliumbichromat mit einer gesättigten Lösung schwefelsauren Silbers versetzt wurde, so dass chromsaures Silber ausfiel und zugleich die Flüssigkeit von nicht flüchtiger Säure genügend sauer gehalten wurde, wobei sie Kohlensäure nicht zurückhalten konnte. Das durchstreichende Chlor griff das frisch ausgefällte Silberchromat, das amorph und flockig erschien, sofort an und wurde als Chlorsilber vollständig zurückgehalten. Allmählich gingen aber die Flocken des chromsauren Silbers in einen krystallinischen Zustand über und widerstanden dem Chlor. Aus demselben Grunde zeigte auch ein Rohr, das feuchtes Silberchromat fein verteilt enthielt, wenig Absorptionskraft für Chlor. Nur wenn geringe Mengen Chlor unschädlich zu machen waren, wie sie z. B. in den Rückständen des Wassers der obersten Schöpfstellen vorkamen, bewährte sich chromsaures Silber. Die Kohlensäure liess sich hierbei unmittelbar in einem Mohr'schen Absorptionsapparat auffangen und wägen.

Um die Brauchbarkeit des Verfahrens beurteilen zu können, wurden von einer Reihe Sammelwasser zweimal gleiche Volumina eingedampft, und in den Rückständen die organische Substanz mit Chromsäure oxydiert. Aus der folgenden Zusammenstellung wird ersichtlich, wie nahe die erhaltenen Zahlen übereinstimmten.

Berechnung der Mengen Kohlensäure, die durch Oxydation der in Wasser gelösten organischen Substanz und mittels Barytlauge bestimmt worden sind.

Wasser vom 19. Oktober 1889 bis 15. März 1890.

In der Kalilauge bereits enthaltene Kohlensäure: 50 cc Kalilauge + 50 cc Barytlauge auf 200 cc gefüllt. Nach völliger Klärung mit der Pipette aus dem Messkolben 50 cc gehoben. Darin das gelöst gebliebene Baryumoxyd bestimmt. Gefunden:

0.0715 g $BaSO_4$ und 0.0710 g $BaSO_4$
= 0.04690 BaO „ 0.046576 BaO. J. M. 0.04674 g BaO.

Hiernach fällen
10 cc Kalilauge 0.14504 g BaO als $BaCO_3$. Kalilauge I.

In derselben Weise wurde bestimmt, dass von einer anderen Kalilauge
10 cc Kalilauge 0.1155028 g BaO als $BaCO_3$ fällen. Kalilauge II.

Die verwendete Barytlauge enthielt nach doppelten Bestimmungen:
in 50 cc: 0.9144 g BaO — Barytlauge I.
in 50 cc: 1.06709 g BaO — Barytlauge II.

I. 2 l Wasser eingedampft.

25 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge I auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.1451 g $BaSO_4$
0.1461 „ „
J. M. 0.1456 g $BaSO_4$ = 0.095514 g BaO
50 cc Barytl. I = 0.9144 g BaO
25 „ Kalil. I = 0.3626
0.5518
0.095514 × 5 = 0.4776
0.0742 g BaO *)
= 0.0213 g CO_2 aus 2 l.

*) durch die aus organischer Substanz entwickelte CO_2 gefällt.

2 l Wasser eingedampft.

35 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge II auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.1380 g $BaSO_4$
0.1360 „ „
J. M. 0.1370 g $BaSO_4$ = 0.089872 g BaO
50 cc Barytl. II = 1.06709 g BaO
35 „ Kalil. I = 0.50764
0.55945
0.089872 × 5 = 0.44935
0.11010 g BaO
= 0.0317 g CO_2 aus 2 l.

II. 2 l Wasser eingedampft.

35 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge II auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.1181 g $BaSO_4$
0.1161 „ „
J. M. 0.1171 g $BaSO_4$ = 0.076818 g BaO
50 cc Barytl. II = 1.06709 g BaO
35 „ Kalil. I = 0.50764
0.55945
0.076818 × 5 = 0.38409
0.17536 g BaO
= 0.0504 g CO_2 aus 2 l.

1 l Wasser eingedampft.

25 cc Kalilauge II + 50 cc Barytlauge II auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.2116 g $BaSO_4$
= 0.1388096 g BaO
50 cc Barytl. II = 1.0671 g BaO
25 „ Kalil. II = 0.2888
0.7783
0.1388096 × 5 = 0.6940
0.0843 g BaO
= 0.0242 g CO_2 aus 1 l
= 0.0484 g „ „ 2 l.

IIa. 2 l Wasser eingedampft.

20 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge I auf 250 cc gefüllt:
in 50 cc gefunden: 0.1331 g $BaSO_4$
0.1336 „ „
J. M. 0.087478 g BaO
50 cc Barytl. I = 0.9144 g BaO
20 „ Kalil. I = 0.2901
0.6243
0.087478 × 5 = 0.4374
0.1869 g BaO
= 0.0539 g CO_2 aus 2 l.

2 l Wasser eingedampft.

35 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge I auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.1221 g $BaSO_4$
0.1221 „ „
— 0.07964 g BaO
50 cc Barytl. II = 1.06709 g BaO
35 „ Kalil. I = 0.50764
0.55945
0.07964 × 5 = 0.39820
0.16125 g BaO
= 0.0464 g CO_2 aus 2 l.

2 l Wasser eingedampft.

35 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge I auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.1166 g $BaSO_4$
= 0.07649 g BaO
50 cc Barytl. II = 1.06709 g BaO
35 „ Kalil. I = 0.50764
0.55945
0.07649 × 5 = 0.38245
0.17700 g BaO
= 0.0509 g CO_2 aus 2 l.
J. M. 0.0487 g CO_2 aus 2 l.

III. 2 l Wasser eingedampft.
30 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge I auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.1020 g $BaSO_4$
0.1010 „ „
J. M. 0.1015 g $BaSO_4$ = 0.06658 g BaO
50 cc Barytl. I = 0.9144 g BaO
30 „ Kalil. I = 0.4351
0.4793
0.06658 × 5 = 0.3329
0.1464 g BaO
= 0.0421 g CO_2 aus 2 l.

2 l Wasser eingedampft.
30 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge I auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.1020 g $BaSO_4$
0.1045 „ „
J. M. 0.1033 g $BaSO_4$ = 0.067765 g BaO
50 cc Barytl. I = 0.9144 g BaO
30 „ Kalil. I = 0.4351
0.4793
0.067765 × 5 = 0.3388
0.1405 g BaO
= 0.0404 g CO_2 aus 2 l.

IV. 2 l Wasser eingedampft.
30 cc Kalilauge I + 50 cc Barytlauge I auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.0895 g $BaSO_4$
0.0905 „ „
J. M. 0.0900 g $BaSO_4$ = 0.05904 g BaO
50 cc Barytl. I = 0.9144 g BaO
30 „ Kalil. I = 0.4351
0.4793
0.05904 × 5 = 0.2952
0.1841 g BaO
= 0.0529 g CO_2 aus 2 l.

2 l Wasser eingedampft.
Die Kohlensäure direkt aufgefangen und gewogen im Absorptionsapparat.
58.1180 26.2895
58.0680 26.2835
0.0500 0.0060
0.0560 g CO_2
0.0560 g CO_2 aus 2 l.

Wasser vom 22. März 1890 bis 4. Oktober 1890.
Die Barytlauge enthielt in 50 cc 1.323283 g BaO. CO_2 in der Kalilauge:
30 cc Kalilauge + 50 cc Barytlauge auf 200 cc gefüllt: aus 50 cc erhalten:
0.4036 g $BaSO_4$ und 0.4056 g $BaSO_4$
= 0.26476 g BaO „ 0.266074 g BaO. J. M. 0.265417 g BaO.
30 cc Kalilauge fällen daher aus 50 cc Barytlauge: 0.261613 g BaO als $BaCO_3$ aus.

V. 2 l Wasser eingedampft.
25 cc Kalilauge + 50 cc Barytlauge auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.2821 g $BaSO_4$
0.2806 „ „
J. M. 0.184566 g BaO
50 cc Barytl. = 1.323283 g BaO
25 „ Kalil. = 0.218010
1.105273
0.184566 × 5 = 0.922800
0.182473 g BaO *)
= 0.0525 g CO_2 aus 2 l.
*) durch CO_2, die aus organ. Subst. stammte, gefällt.

2 l Wasser eingedampft.
25 cc Kalilauge + 50 cc Barytlauge auf 250 cc gefüllt:
in 50 cc gefunden: 0.2876 g $BaSO_4$
0.2876 „ „
J. M. 0.1886656 g BaO
50 cc Barytl. = 1.323283 g BaO
25 „ Kalil. = 0.218010
1.105273
0.1886656 × 5 = 0.943328
0.161945 g BaO
= 0.0465 g CO_2 aus 2 l.

VI. 2 l Wasser eingedampft.
25 cc Kalilauge + 50 cc Barytlauge auf 250 cc gefüllt:
in 50 cc gefunden: 0.2896 g $BaSO_4$
0.2871 „ „
= 0.1899776 g BaO
0.1883376 „ „
J. M. 0.1891576 g BaO
50 cc Barytl. = 1.32328 g BaO
25 „ Kalil. = 0.21801
1.10527
0.189157 × 5 = 0.94578
0.15949 g BaO
= 0.04582 g CO_2 aus 2 l.

2 l Wasser eingedampft.
25 cc Kalilauge + 50 cc Barytlauge auf 250 cc gefüllt;
in 50 cc gefunden: 0.2976 g $BaSO_4$
0.2976 „ „
= 0.195226 g BaO
50 cc Barytl. = 1.32328 g BaO
25 „ Kalil. = 0.21801
1.10527
0.195226 × 5 = 0.97613
0.12914 g BaO
= 0.0371 g CO_2 aus 2 l.

Wasser vom 19. Oktober 1889 bis 15. März 1890.

Schöpfstelle	I.	II	IIa	III	IV	V	VI
CO_2, gr, aus der organischen Substanz von 2 l Wasser	0.0213	0.0504	0.0539	0.0421	*0.0560	*0.0710	*0.0685
	0.0317	0.0484	0.0487	0.0404	0.0529	*0.0665	*0.0695
als organischer Kohlenstoff berechnet, C, in 1 cbm gr:	2.91	6.88	7.36	5.75	*7.64	*9.69	*9.35
	4.32	6.61	6.65	5.51	7.22	*9.08	*9.48

Wasser vom 22. März 1890 bis 4. Oktober 1890.

Schöpfstelle	V	VI
CO_2, gr, von 2 l Wasser	0.0465	0.0371
	0.0525	0.0458
Organischer Kohlenstoff, C, in 1 cbm g:	6.34	5.06
	7.17	5.36

Die mit * bezeichneten Zahlen waren unmittelbar, mittels Kali-Absorptionsapparat, unter Vorlegen chromsauren Silbers, wie oben angegeben, gefunden worden, die übrigen unter Anwendung von Barytlauge.

Der benutzte Apparat ist in seiner Form zwar etwas primitiv, jedoch, wie obige Zahlen zeigen, bei geschickter Handhabung recht brauchbar. Er kann Verbesserungen erhalten, die wesentlich das Arbeiten erleichtern und grösste Genauigkeit sichern würden, zum Beispiel, wenn mittels eines geeigneteren Glasgefässes, das an Stelle des Peligot-Rohres treten müsste, das Umfüllen der Kalilauge in ein Messgefäss überflüssig gemacht und auch beim Zufügen der Barytlauge der Zutritt der kohlensäurehaltigen Luft ganz unmöglich wäre. Auch in weniger geübten Händen würde dann das oben beschriebene Verfahren zur Bestimmung der organischen Substanz in Wasser mittels Chromsäure ein zuverlässigerer und ein normaler Masstab sein, der sich auf grosse Volumina anwenden liesse und jedenfalls der bisher üblichen Bestimmung der organischen Substanz mittels Kaliumpermanganat vorzuziehen wäre.

Das Chlor in den Wasserproben wurde nach der bekannten Methode durch Titrieren mit Zehntel-Normal-Silbernitratlösung, unter Anwendung von neutralem Kaliumchromat als Indikator, bestimmt. Phosphorsäure fand sich nur in Spuren.

Auf Stickstoffverbindungen wurde nicht Rücksicht genommen, da sie sich gewöhnlich in Weserwasser nicht in Mengen vorfinden, die sich mit den üblichen Mitteln bestimmen lassen. Die Untersuchung war dadurch wesentlich vereinfacht.

Kieselsäure, die im Wasser gelöst war, ist, nach dem Aufschliessen der geglühten Wasserrückstände mittels Königswasser und nach Wiedereindampfen der Lösung und Trocknen des Rückstandes, nach dem üblichen Verfahren abgeschieden worden.

In bekannter Weise wurden auch Eisen, Kalk, Magnesia, die Alkalien (als Chloride) und Kali (mittels Platinchlorid) bestimmt. Ob das Eisen als Oxydul oder Oxyd (humussaure Verbindung) gelöst sei, ist deutlich nicht zu bestimmen gewesen. In den Tabellen weiter unten ist es, wie bei Analysen von Flusswasser üblich, als Oxyd angeführt worden.

Die Trockensubstanz der suspendierten Stoffe, d. h. der bei 110° bis 120° C. getrocknete, ausgewaschene Schlamm stellte eine graue, steinharte Masse dar, die gepulvert und mit wenig Wasser verrieben wieder einen äusserst zähen Schlick bildete und nach dem Glühen eine rötliche Farbe zeigte. Im grossen und ganzen stellte dieser Glührückstand einen eisenhaltigen Thon dar.

In kleinen Mengen der Trockensubstanz wurde in derselben Weise, wie es im Rückstande des Wassers geschehen, Kohlensäure bestimmt, ferner nach der Methode von Kjeldahl der Stickstoffgehalt. Wenn die zur Verfügung stehende Menge suspendierter Stoffe sehr gering war, wie in dem Sammelwasser von den obersten Schöpfstellen, so wurde der Stickstoff auch in der zur Kohlensäure-Bestimmung benutzten Substanz, die nur mit sehr verdünnter Salzsäure erhitzt worden war, nach Verdampfen dieser letzteren ermittelt. Das Ergebnis fiel hierdurch nicht niedriger aus. Salpetersäurestickstoff war in dem Schlick nicht in Mengen vorhanden, die noch bestimmt werden konnten.

Wurde die Trockensubstanz in Platinschalen geglüht, so ergab sich die Menge der mineralischen Bestandteile.

Der Glührückstand wurde mit Königswasser aufgeschlossen. Hierbei blieben Sand, Kieselsäure und der grösste Teil des Thons als unlösliche Bestandteile zurück.

In der Lösung wurden nach üblichem Verfahren Eisen, Kalk (in diesen übergehende, verschwindende Mengen Mangan wurden nicht besonders bestimmt), Magnesia, Kali, Schwefelsäure, Phosphorsäure bestimmt.

Namentlich der Schlick der untersten Schöpfstellen hielt jedenfalls von den im Seewasser vorkommenden Salzen geringe Mengen zurück. Diese Beimengungen waren jedoch so gering, dass sie die Ziffern, die sich für die prozentische Zusammensetzung der suspendierten Stoffe ergaben, nicht derart beeinflussten, dass die Regelmässigkeit der Zusammensetzung zu verkennen gewesen wäre.

3. Die Ergebnisse. — Beziehungen zwischen Weserwasser und Seewasser.

A. Die gelösten Stoffe.

Es würde ermüdend sein, das grosse Zahlenmaterial hier vollständig wieder zu geben, das über den Gehalt des gesammelten Wassers und der suspendierten Stoffe an den ermittelten Bestandteilen aufgestellt worden ist. Für die einzelnen Schöpfstellen ist der Gehalt des Sammelwassers an den verschiedenen Stoffen auf 1 cbm berechnet worden, da in der Technik die Wassermassen, die sich im Strombette bewegen, nach Kubikmetern berechnet werden.

Die Zahlen wurden unter jeder Schöpfstelle, nach den einzelnen Zeitabschnitten geordnet, zusammengestellt, aus dieser Zusammen-

stellung sind zwei neue Tabellen (siehe Tabelle I) abgeleitet worden. Sie sind gleichfalls nach den Schöpfstellen eingeteilt. Die eine Tabelle vereinigt diejenigen Zeiträume, welche die wärmere Jahreszeit bedeuten, die andere Tabelle bezieht sich auf die kältere Jahreszeit, in der durchschnittlich mehr Wasser aus dem oberen Laufe der Weser dem Flutgebiete dieses Flusses zufliesst.

Beide Tabellen geben an, welche Mengen der einzelnen Bestandteile im Durchschnitt während der wärmeren und während der kälteren Jahreszeit in 1 cbm Wasser an jeder Schöpfstelle vorhanden gewesen sind. Ferner ist für jeden Bestandteil der Höchstbetrag und der Mindestbetrag angegeben, den er während eines der zusammengefassten Zeitabschnitte erreicht hat. Diese Maxima und Minima sind begreiflicherweise nicht absolute, denn sie sind in Sammelwasser ermittelt, also wieder durchschnittliche Höchst- und Mindestbeträge, die sich auf eine Periode beziehen.

Als eine Periode für sich musste die Sommerzeit von Anfang Juni bis 1. Oktober 1887 betrachtet werden, da diese Zeit*) noch den Zustand vor der Korrektion der Unterweser darstellt, die eben begonnen und die Stromverhältnisse wenig verändert hatte. Für die Ausnahmestellung des erwähnten Zeitabschnittes lieferte die Zusammensetzung des Wassers, insbesondere der Chlorgehalt genügenden Grund. Das Sammelwasser von der untersten Schöpfstelle, Bremerhaven, und von der zweitobersten Schöpfstelle, Käseburg, enthielt in 1 cbm folgende Mengen Chlor, in g ausgedrückt,

	während Juni bis Oktober 1887	während der späteren Zeit durchschnittlich (Februar 1888 bis Juni 1891)
Bremerhaven .	8790	3968
Käseburg . .	141	49

Die Vermischung von Salzwasser mit Flusswasser hat nach 1887 andere Verhältnisse gezeigt, die von Februar 1888 bis ans Ende der Beobachtungszeit ziemlich stetig geblieben sind, wie die verhältnismässig geringen Schwankungen des Chlorgehaltes bei Käseburg (Maximum: 66 g in 1 cbm, Minimum: 40 g in 1 cbm) zeigten.

Einen anderen Grund, die Sommerzeit 1887 nicht der Berechnung von Durchschnittswerten mit zu Grunde zu legen, lieferte der Gehalt des Sammelwassers während dieser Zeit an suspendierten Stoffen**). Wie weiter unten aus einer Zusammenstellung zu erkennen ist, zeigte sich während aller übrigen Zeitabschnitte eine regelmässige Zunahme der suspendierten Stoffe im Wasser von den oberen nach den unteren Schöpfstellen hin, nur vom 4. Juni bis 1. Oktober 1887 fanden sich die Sinkstoffe sehr unregelmässig verteilt. Ihre Menge

*) Vergl. die Festgabe, den Teilnehmern an der 63. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte gewidmet vom ärztlichen Vereine, naturwissenschaftlichen Vereine und der geographischen Gesellschaft zu Bremen. Bremen 1890. Seite 161.

**) Diese hatte bestimmt und diejenigen von den Schöpfstellen I, III, IV, VI analysiert Dr. ph. A. Hecht, weiland Assistent der Moor-Versuchsstation.

betrug an den zwei obersten Schöpfstellen ebensoviel wie an der untersten. Solche Verhältnisse waren einesteils auf die Verwilderung im Flussbett zurückzuführen, das noch keinen regelmässig gestalteten Stromschlauch darstellte, sondern von Bremerhaven an bis über die letzte Schöpfstelle hinauf durch Inseln oder bei Niedrigwasser trocken laufende Bänke vollständig gespalten war. Die Flut drang in diesen Spaltungen mit verschiedener Geschwindigkeit aufwärts, in dem einen Arme schneller als in dem Nebenarme; die Folge davon waren Strömungen, die eine Anhäufung von Sinkstoffen in einzelnen Teilen des Flusses beförderten, abgelagerte Sinkstoffe wieder in Bewegung setzten. Andernteils liess sich die unregelmässige Verteilung der Sinkstoffe auf die im Strome begonnenen Baggerungen, Dammbauten und Durchschläge, besonders im oberen Teile der Unterweser zurückführen. Diese Arbeiten im Strome bewirkten binnen der ersten zwei Jahre eine Vertiefung der Fahrrinne von $2^3/_4$ m auf 4 m. Die Baggerungen lösten aus der Sohle des Flusses 4 640 000 cbm Erde, während der Strom selbst 6 040 000 cbm abwärts schwemmte, an Leitdämmen wurden 18.7 km erbaut. Es ist daher sehr wohl möglich, dass im Anfange der Strombauten das Wasser oft an den oberen Schöpfstellen trüber war als an den unteren, wo das Flussbett um ein Vielfaches sich verbreitert.

In den Tabellen, welche die Bestandteile von 1 cbm Wasser angeben, umfasst die wärmere Jahreszeit die Abschnitte: 25. Febr. 1888 bis 15. Sept. 1888, 1. Juni 1889 bis 12. Okt. 1889, 22. März 1890 bis 4. Okt. 1890 und 11. April 1891 bis 6. Juni 1891. Die kältere Jahreszeit bezieht sich auf die Zeitabschnitte: 15. Sept. 1888 bis 25. Mai 1889, 19. Okt. 1889 bis 15. März 1890, 11. Okt. 1890 bis 4. April 1891.

Um leichter überblicken zu können, was die Durchschnittsziffern der Tabelle besagen, sind sie graphisch dargestellt worden, wie die beigegebene Tafel (siehe Tafel I) zeigt. Jedem der links am Rande der Tafel bezeichneten Bestandteile entspricht ein Streifen, der im Verhältnis so lang ist, als die Durchschnittsziffer in der Tabelle I Zehner enthält, oder, was dasselbe ist: die Länge der Streifen, vom linken Rande der Tafel an gemessen, stellt dar, wieviel g von den entsprechenden Bestandteilen in 0.1 cbm oder in 100 l Wasser an einer Schöpfstelle vorkamen. Die Streifen, die einem Bestandteil entsprechen, sind über einander aufgetragen, die jeder einzelnen Schöpfstelle zukommende Länge wird durch eine Querlinie abgegrenzt. Für die obersten Schöpfstellen decken sie sich mitunter.

Die Streifen, die auf die Schöpfstellen VI, V und IV zu beziehen sind, sind dunkel ausgefüllt worden. So lässt sich auf den ersten Blick sehen, dass für alle Bestandteile (nur Eisenoxyd, Kieselsäure und organisch gebundener Kohlenstoff machen verschwindende Ausnahmen) die Streifen um so länger werden, je näher die Schöpfstelle des Wassers der Wesermündung liegt, dass die Unterschiede in der Streifenlänge für die untersten Schöpfstellen am grössten ausfallen, dagegen an den obersten Schöpfstellen sehr gering sind,

so dass für die Schöpfstellen VI, V und IV die Enden der Streifen, welche die Gehaltsziffern bezeichnen, sehr nahe beisammen liegen.

Mit anderen Worten besagt das, dass der Gehalt des Wassers an gelösten Stoffen während der Beobachtungszeit bei Rekum, Käseburg und Sandstedt innerhalb enger Grenzen schwankte und ziemlich derselbe blieb, dass von Sandstedt abwärts die gelösten Stoffe ungeheuer rasch zunahmen.

Diese Zunahme betrifft vor Allem das Chlor, die Alkalien, Magnesia und Schwefelsäure, nicht so sehr den Kalkgehalt, und es ist kein Zweifel, dass diese Zunahme durch das Seewasser verursacht ist, da für dieses ein hoher Gehalt an den genannten Bestandteilen charakteristisch ist. Nach den Durchschnittszahlen der Tabelle I erhob sich von Rekum bis Bremerhaven

während der wärmeren Jahreszeit:

der Gehalt in 1 cbm Wasser an:

Kalk . . .	von 76.33 g	auf 175.95 g	oder auf mehr als das	Doppelte
Magnesia . .	„ 15.41 „	„ 413.08 „	„ „ „ „ „	27fache
Schwefelsäure	„ 57.02 „	„ 454.49 „	„ „ „ „ „	80 „
Chlor . . .	„ 49.66 „	„ 4342.50 „	„ „ „ „ „	88 „
Kali . . .	„ 6.48 „	„ 143.55 „	„ „ „ „ „	22 „

während der kälteren Jahreszeit:

der Gehalt in 1 cbm Wasser an:

Kalk . . .	von 67.53 g	auf 180.60 g	oder auf mehr als das	Doppelte
Magnesia . .	„ 13.32 „	„ 408.20 „	„ „ „ „ „	30fache
Schwefelsäure	„ 53.42 „	„ 389.20 „	„ „ „ „ „	61 „
Chlor . . .	„ 45.78 „	„ 3469.00 „	„ „ „ „ „	80 „
Kali . . .	„ 6.95 „	„ 173.90 „	„ „ „ „ „	25 „

Die charakteristischen Bestandteile des Seewassers kommen auch in dem Flusswasser vor, halten sich hierin aber in sehr engen Grenzen. Da nun für die drei obersten Schöpfstellen die Grenzen der auf den Gehalt an Chlor, Alkalien, Magnesia und Schwefelsäure zu beziehenden Streifen fast zusammenfallen, so ist Grund dazu vorhanden, das Wasser der Schöpfstellen VI, V als unvermischtes Flusswasser, oder wie das der Schöpfstelle IV als unerheblich vermischtes Flusswasser zu betrachten.

Denn es beträgt der mittlere Gehalt eines Kubikmeters Wasser in der wärmeren Jahreszeit

	bei Rekum	Käseburg	Sandstedt	Eljewarden
an gelösten Stoffen (Trockenrückstand). . . . g	291.00	283.60	297.22	492.05
„ Chlor . . . . . „	49.66	50.00	63.24	154.42
„ Magnesiumoxyd. . . „	15.41	15.99	16.51	29.01
„ Schwefelsäure . . . „	57.02	51.18	50.29	68.04

in der kälteren Jahreszeit bei Rekum Käseburg Sandstedt Eljewarden an gelösten Stoffen (Trocken-

rückstand . . . . g	271.30	241.49	265.26	389.98
„ Chlor . . . . . „	45.78	48.11	52.77	103.84
„ Magnesiumoxyd . . . „	13.32	13.51	15.24	22.58
„ Schwefelsäure . . . „	53.42	46.59	53.18	61.08

Ein erheblicher Einfluss des Seewassers macht sich demnach erst bei Eljewarden geltend.

Was die Zusammensetzung unvermischten Weserwassers betrifft, so liegen darüber zahlreiche Analysen vor, die an dem chemischen Staatslaboratorium der Stadt Bremen in planmässiger Reihenfolge ausgeführt worden sind. Sie beziehen sich auf die Zeit vor der Korrektion des Flusses und auf Wasser, das oberhalb der Stadt Bremen entnommen worden ist. Aus den Analysen*) berechnet sich, dass 1 cbm Weserwasser durchschnittlich enthält:

	während der warmen Jahreszeit	während der kalten Jahreszeit
	g	g
Gelöste Stoffe (Trockenrückstand)	350	260
Chlor	52	31
Magnesia	19	15
Schwefelsäure	62	50

Ferner ist von J. Weineck**) das Weserwasser unterhalb Nienburg untersucht worden. Danach lässt sich berechnen, dass 1 cbm Wasser enthielt:

	am 2. Juli 1888	9. Aug. 1888	1. Sept. 1888	27. Dez. 1888	13. Febr. 1890
Chlor . . . g	53	32	53	37	31
Schwefelsäure . „	69	45	81	58	42
Magnesiumoxyd „	11	7	9	9	5

In dreizehn anderen Proben schwankte der Chlorgehalt zwischen 21 und 84 g.

Man hat demnach in 1 cbm Weserwasser gefunden

	im Sommer			im Winter		
	Chlor	Schwefelsäure	Magnesia	Chlor	Schwefelsäure	Magnesia
	g	g	g	g	g	g
unterhalb Nienburg höchstens .	84	81	11	37	58	9
oberhalb Bremen durchschnittlich	52	62	19	31	50	15
zur Hochwasserzeit						
bei Käseburg „	50	51	16	48	47	14
„ Sandstedt „	63	50	17	53	53	15

*) Festgabe, den Teilnehmern an der 63. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte gewidmet u. s. w. Bremen 1890. Seite 2.
**) Zeitschrift für angewandte Chemie. 1892. S. 50.

Ausserdem betrug der Trockenrückstand von 1 cbm Wasser durchschnittlich

	im Sommer	im Winter
	g	g
oberhalb Bremen . . .	350	260
bei Sandstedt (zur Hochwaserzeit) . .	297	265

Aus den zusammengestellten Angaben lässt sich schliessen, dass auch zur Zeit der Flut, bei ordinärem Hochwasser, die Weser bei Rekum und Käseburg in der Regel unvermischtes Flusswasser enthält, und dass bei Sandstedt im Gehalte des Wassers an gelösten Stoffen, besonders an Chlor, Schwefelsäure und Magnesia, die Spur des Seewassers eben erkennbar wird. Auch aus den fortgesetzten Beobachtungen des Chlorgehaltes in der Unterweser geht das deutlich hervor. Zur Flutzeit hat 1 cbm Weserwasser durchschnittlich enthalten

	13. Juni bis 3. Okt. 1891	10. Okt. 1891 bis 26. März 1892
bei Rekum .	51.0 g Chlor	54.1 g Chlor
„ Käseburg	47.8 „ „	53.3 „ „
„ Sandstedt	49.6 „ „	62.2 „ „

Wäre Salzwasser in dem Weserwasser schon bei Käseburg zugegen, so könnte hier der durchschnittliche Gehalt an Chlor nicht geringer sein, als an der oberhalb gelegenen Schöpfstelle Rekum. Eine Spur des Seewassers war erst bei Sandstedt festzustellen.

Zufolge der Tabelle über die Zusammensetzung des Wassers in der Unterweser enthielt 1 cbm Wasser

an Trockenrückstand	bei Rekum	Käseburg	Sandstedt
	g	g	g
in der wärmeren Jahreszeit	291	284	297
„ „ kälteren „	271	241	265

Die Zahlen entsprechen der Beobachtung, die an anderen, fliessenden Gewässern regelmässig gemacht worden ist, dass nämlich in der wärmeren Jahreszeit wegen der gesteigerten Verdunstung das Flusswasser mehr Stoffe gelöst enthält und härter ist, als in der kälteren Jahreszeit, wo es an gelösten Bestandteilen ärmer und deshalb weicher ist. Wenn die Zahlen die Unterschiede, die durch die Jahreszeit bedingt werden, nicht so auffallend zum Ausdruck bringen, als sie in den vorher angeführten Gehaltsziffern für Weserwasser, das oberhalb Bremen geschöpft war, sich ausprägen, so ist zu bedenken, dass die für Unterweserwasser gemachte Aufstellung einen vollkommenen Durchschnitt darstellt und sich nicht nur auf Ermittelungen bezieht, die, wie oberhalb Bremen, bei auffallend hohen und auffallend niedrigen Wasserständen vorgenommen worden sind.

Bei Rekum enthält das Weserwasser zeitweise mehr gelöste Stoffe als bei Käseburg. In der oben gegebenen Tabelle I tritt das weniger hervor, als während der nachstehend angeführten, einzelnen Zeitabschnitte.

1 cbm Wasser enthielt (in g):		Okt. 1889 bis März 1890	März 1890 bis Okt. 1890	Okt. 1890 bis April 1891	April 1891 bis Juni 1891	Juni 1891 bis Okt. 1891	Okt. 1891 bis März 1892
Trockenrückstand . .	bei Rekum	258.25	299.66	290 66	258.00	—	—
	„ Käseburg	205.88	280.50	244.00	251.20	—	—
Chlor	„ Rekum	44.86	54.28	50.78	40.08	51.00	54.10
	„ Käseburg	43.14	52.53	52.53	39.73	47.85	53.30
verbrennliche, in Glühhitze flüchtige Stoffe (organische Substanz)	„ Rekum	26.67	31.60	23.86	27.50	—	—
	„ Käseburg	34.94	33.40	28.20	31.38	—	—
Kohlenstoff, C, in organischer Verbindung	„ Rekum	9.419	5.214	nicht	6.114	—	—
	„ Käseburg	9.348	6.755	bestimmt	8.114	—	—

Während der angeführten Zeiträume befanden sich also in dem Weserwasser bei Rekum durchschnittlich mehr Stoffe gelöst, als bei dem unterhalb Rekum gelegenen Orte Käseburg, der Chlorgehalt allein lässt diesen Schluss zu. Ein Blick auf die Karte zeigt, dass zwischen Rekum und Käseburg, ziemlich in der Mitte, die Hunte in die Weser mündet. Der Zufluss liefert nicht unbedeutende Wassermengen, denn die Hunte hat einen langen Lauf, ist von Oldenburg an schiffbar, und die Fluthöhe in ihrem untersten Laufe ist gross. Das Wasser der Hunte stammt nachweislich grossenteils aus Moorgebieten, sie erhält aus diesen einen an Mineralstoffen höchst armen Zufluss, sie kann auch kein an Chlor so reiches Wasser liefern, als es die Weser von ihrem Quellgebiete her bekanntlich mit sich führt. Wie aus obiger Zusammenstellung ersichtlich ist, zeigt sich das Weserwasser nach Eintritt der Hunte an organischen Substanzen reicher, wie denn auch die unmittelbare Bestimmung des Kohlenstoffs in organischer Verbindung in der Mehrzahl der Fälle in dem Wasser von Käseburg einen höheren Betrag ergeben hat, als in dem Wasser, das oberhalb der Huntemündung geschöpft war. Gerade dieser Reichtum an organischer Substanz lässt sicher auf eine Vermischung des Weserwassers mit Moorwasser schliessen. Durch den Zufluss aus der Hunte ist somit die bei Käseburg auffallende Verdünnung des Weserwassers hinreichend erklärt. Man wird anzunehmen haben, dass das Huntewasser eine weite Strecke neben dem Weserwasser hinfliesst, ehe es sich damit vermischt. Schon weiter oberhalb lässt sich an der Mündung der kleinen Lesum*) die Beobachtung machen, dass ihr braunes Wasser neben der Weser herfliesst. Anderwärts bieten grössere Flüsse ähnliche, meist sichtbare Beispiele**) für die nach Eintritt von Nebenflüssen fortbestehende Sonderung der Wassermassen. Da der Ort Käseburg auf derselben, linken Seite der Weser liegt, auf der die Hunte einmündet, so liesse sich vermuten, dass

*) Festgabe, der 63. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte gewidmet u. s. w. Bremen 1890. Seite 3.

**) Vergl. das durch Analysen nachgewiesene Nebeneinanderfliessen von Saale- und Elbwasser in: Fischer, das Wasser. 2. Aufl. 1891. Berlin, Springer. Seite 66 und 136.

Die vom Ofener Ufer nach dem Pester Ufer zunehmende Trübung der Donau. Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. XI. 1878. S. 441.

das Käseburger Sammelwasser mehr als Huntewasser, denn als Weserwasser anzusprechen ist.

Das Wasser, das in der Unterweser auf derjenigen Strecke gesammelt worden ist, wo sich zur Hochwasserzeit das Salzwasser stets stark bemerklich gemacht hat, enthielt in 1 cbm durchschnittlich:

		bei Bremerhaven	bei Nordenhamm	bei Elisabethgroden
		g	g	g
Gelöste Stoffe (Trockenrückstand)	in der wärmeren Jahreszeit	8561	3338	492
	„ „ kälteren „	6775	2382	390
Chlor	„ „ wärmeren „	4343	1666	155
	„ „ kälteren „	3469	1182	104
Magnesia	„ „ wärmeren „	413	200	29
	„ „ kälteren „	408	143	23
Schwefelsäure	„ „ wärmeren „	455	239	68
	„ „ kälteren „	389	188	61

Die Zusammenstellung zeigt, dass der Salzgehalt des Wassers in der wärmeren Jahreszeit grösser war, als in der kälteren, dass also in der wärmeren Jahreszeit die Unterweser stärker mit Salzwasser gemischt war, als während der kälteren.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass auch das in dem Nebenarme bei der Brücke nach der Luneplate geschöpfte Wasser in der wärmeren Jahreszeit mehr Trockenrückstand enthalten hat, als in der kälteren. Es enthielt 1 cbm Wasser

	Trockenrückstand	Chlor
	g	g
in der wärmeren Jahreszeit	1368	621
„ „ kälteren „	1317	589

Der Unterschied tritt an dieser Schöpfstelle weniger hervor, als an den übrigen drei. Denn an der Brücke nach der Luneplate hat die Ebbe und die Flut jedenfalls keinen so regelmässigen Verlauf nehmen können, was die Mischung der Wassermassen betrifft, als in dem Hauptarme des Flusses. Je nach dem Wasserstande wird sich Brackwasser haben ansammeln können, da mit der Zeit der Nebenarm an seinem oberen Ende durch einen Damm vom Weserstrome abgeschlossen worden ist.

Wenn nun in der wärmeren Jahreszeit das zur Zeit der Flut an den unteren Schöpfstellen in der Unterweser vorhandene Wasser eine konzentriertere Salzlösung darstellt als in der kälteren, so hängt das nicht sowohl damit zusammen, dass, wie oben gezeigt worden ist, der Weserfluss überhaupt im Sommer ein an Trockenrückstand reicheres Wasser führt als im Winter, sondern vielmehr damit, dass zu dieser Zeit der Wasserstand des Flusses regelmässig niedriger zu sein pflegt, als in der kalten Jahreszeit. Er setzt dann der Flut, die von See her in der Flussmündung heraufdrängt, eine geringere Kraft entgegen, und die Stärke der Flut ist von der Jahreszeit weniger abhängig, als es die Stromkraft des Flusses ist.

Wenn die Flut aufläuft, rollt von der offenen See her durch die weite, trichterförmige Wesermündung ein Teil der Flutwelle des Meeres in das als eine lange Meeresbucht anzusehende Flutgebiet des Flusses hinein, vermöge der in der offenen See gewonnenen, lebendigen Kraft. Nur ein Teil des durch die Mündung eintretenden Wassers gelangt weit nach oben, da Hindernisse im Flussbett und das entgegenströmende Wasser fortwährend an der lebendigen Kraft zehren. Über eine gewisse Stelle hinaus kann das aus See gekommene Wasser nicht vordringen.*)

Die der Flut entgegenströmenden Wassermengen, das ist das Oberwasser, sind im allgemeinen im Vergleich zu den in der Unterweser infolge der Flut sich bewegenden Wassermassen verschwindend klein. Das ganze obere Flussgebiet der Weser, von Bremen an aufwärts, wird auf rund 6600 ha Wasserfläche veranschlagt, aus der bei mittlerem Wasserstande in jeder Sekunde 296 cbm von Bremen her in das Flutgebiet einfliessen. Das Flutgebiet von Bremen bis Bremerhaven umfasst ebenfalls 6600 ha Fläche, die täglich von der Ebbe und Flut bewegt ist und in der bei normalen Flutverhältnissen zur Zeit des stärksten Flutstromes 10 600 cbm in der Sekunde bei Bremerhaven fliessen.

Wenn auch vor höherem Oberwasser die Flutgrenze in der Unterweser nachweislich etwas abwärts weicht, erscheint doch der Flutstrom dem Oberwasser gegenüber so übermächtig, dass man denken sollte, der Höhe der Flut, die bei Bremerhaven aufläuft, entspräche auch ganz der Salzgehalt des Wassers.

Zu jeder bei Bremerhaven geschöpften Wasserprobe war vermerkt, wie hoch die Flut, nach Angabe des Pegels, aufgelaufen war. Nachstehende Zusammenstellung giebt für die einzelnen Zeitabschnitte an, bei welchem Wasserstande durchschnittlich das bremerhavener Sammelwasser entnommen worden, welcher höchste und welcher niedrigste Wasserstand dabei vorgekommen ist und welchen Chlorgehalt die entsprechende Probe hatte, ferner welcher Chlorgehalt im Durchschnitte dem gesammelten Wasser zukam.

	Juni 1887 bis Oktober 1887	Febr. 1888 bis Septbr. 1888	Septbr. 1888 bis Mai 1889	Juni 1889 bis Oktober 1889	Oktober 1889 bis März 1890	März 1890 bis Oktober 1890	Oktober 1890 bis April 1891	April 1891 bis Juni 1891	Juni 1891 bis Oktober 1891	Oktober 1891 bis März 1892
Wasserstand bei Bremerhaven, durchschnittlich über Null . . . . m	3.35	3.52	3.56	3.62	2.94	3.55	3.38	3.45	3.55	3.36
im Maximum . . . „	4.03	4.16	5.02	4.34	4.02	4.49	3.83	3.60	3.95	3.90
„ Minimum . . . „	3.15	2.70	2.15	3.04	2.80	3.09	2.49	2.95	3.20	2.00
Chlor, in 1 cbm Wasser durchschnittlich . g	8790	3580	3824	6518	3362	4623	3222	2649	3423	4010
bei obigem Maximum „	10682	3539	7742	9573	7091	5822	7459	4413	3708	2355
„ „ Minimum „	6169	2071	2076	4449	826	4968	210	84	5069	7739

*) Franzius, Projekt zur Korrektion der Unterweser. Leipzig. Engelmann. 1882. Seite 4.

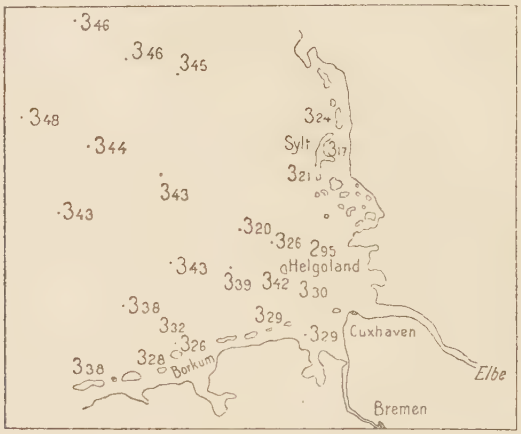
Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die Höhe, bis zu welcher die Flut in der Wesermündung aufgelaufen ist, allein nicht als Mass dafür genommen werden kann, in welchem Grade das Seewasser in dem Wasser der Unterweser vorwaltet. Das erklärt sich damit, dass Fortpflanzung der Flutwelle, d. h. einer blossen Bewegung, und der Transport von Seewasser in die Flussmündung hinein nicht ein und dasselbe sind. Denn nicht in demselben Masse, wie der Scheitel der Flutwelle, wandert auch das Wasser aus der offenen See dem Lande zu. Nur anfangs besteht die aus dem Meere kommende Flutwelle aus unvermischtem Meerwasser, im Mündungstrichter stösst sie auf gemischtes Wasser, das jetzt flussaufwärts gedrängt wird. Die ganze Fläche des Flutgebietes der Unterweser verhält sich zur Fläche des Weserstromes und seiner Nebenflüsse wie 60 000 zu 6600; demnach überwiegen die Wassermassen im Flutgebiete die Menge des von oberhalb zufliessenden Wassers derart, dass nicht zu erwarten ist, bei Ebbe oder Niedrigwasser werde bei Bremerhaven alles Salzwasser verdrängt und in die See hinausgespült.

In der ersten Beobachtungszeit, als sich das Salzwasser bei Bremerhaven sehr stark bemerklich machte, betrug dort am 10. September 1887 bei Niedrigwasser und einem Wasserstande von + 0.45 m um 12 Uhr mittags der Chlorgehalt in 1 cbm Wasser 3732 g, nachdem morgens um 5 Uhr 40 Minuten bei Hochwasser und + 3.75 m Wasserstand an derselben Schöpfstelle 1 cbm Wasser 10 139 g Chlor enthalten hatte. Die Mischungsverhältnisse liegen demnach nicht so einfach, dass man sich zu denken hätte, mit der Flut ströme in die Wesermündung reines Nordseewasser ein, mische sich da mit dem Flusswasser und werde mit dem Ebbestrom wieder ganz hinausgedrängt, sondern das Flutgebiet unterhalb Bremerhaven, die sogenannte Aussenweser, ist von Misch- oder Brackwasser erfüllt. Erst 50 km von Bremerhaven abwärts (etwa beim Leuchtturm auf dem roten Sande, vergl. die Kartenskizze in der Einleitung) findet sich ständig reines Meerwasser.

Immerhin ist es das Meerwasser, das dem Salzwasser in der Unterweser seine charakteristischen Eigenschaften verleiht, und es ist nicht ohne Interesse, zu verfolgen, in welcher Verdünnung es sich dort geltend macht. Der Salzgehalt der Nordsee ist wiederholt Gegenstand sorgfältiger Untersuchungen gewesen. Je nach der Lage der Örtlichkeit, wo der See eine Wasserprobe entnommen worden ist, sowohl in horizontaler als in senkrechter Ausdehnung, ist der Salzgehalt verschieden gefunden worden, an der Oberfläche geringer als in der Tiefe. Die an dem Rande des sich ganz allmählich erhebenden Festlandes zur Flutzeit aufwärts steigenden und in die Mündung eines Flusses, wie der Weser, eindringenden Wassermassen stellen naturgemäss Oberflächenwasser der Nordsee dar, zumal der Spiegel*) dieses kleinen Meeres muldenförmig gestaltet ist und sich von West nach Ost etwas erhebt. Beigegebene kleine Kartenskizze, die dem

*) Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. 63. Versammlung zu Bremen. 1. Teil. Leipzig (Vogel) 1890. Seite 61.

Werke: Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S. M. Kanonenboot „Drache“ in der Nordsee in den Sommern 1881, 1882, 1884, Berlin (Mittler & Sohn) 1886, entnommen ist, giebt eine Übersicht über Orte, an denen bisher der Salzgehalt der Meeresoberfläche ermittelt worden ist. Die Zahlen bezeichnen den Salzgehalt des Oberflächenwassers in Prozenten (bis auf zwei Dezimalen).



Die Skizze macht die Verschiedenheiten des Salzgehaltes, wenn sie auch gering sind, augenfällig und lässt erkennen, dass namentlich in der Nähe der Küste sich für die Zusammensetzung des Nordseewassers keine Zahlen aufstellen lassen, die unter allen Umständen Giltigkeit haben.

Ich lege daher den folgenden Berechnungen die Gehaltsziffern zu Grunde, die ich an einer Wasserprobe ermittelte, die von mir selbst im Juni 1887 bei Helgoland, mitten zwischen Düne und Insel an der Oberfläche entnommen worden ist. Dieses Nordseewasser enthielt in 1 cbm:

Chlor, Cl	17 979 g
Kalk, CaO . . .	606 „
Magnesia, MgO .	2 105 „
Schwefelsäure, SO_3	2 099 „
Kali, K_2O . . .	555 „

Eisen war in dem Wasser nicht nachweisbar.

Als Durchschnittszahlen für das Weserwasser sollen andererseits die in der Tabelle I oben schon für die Schöpfstelle Rekum mitgeteilten Zahlen gelten.

Danach standen die Gewichtsmengen der Hauptbestandteile des Weserwassers zu den Mengen, in denen sie sich im Seewasser finden, in folgendem Verhältnisse:

		während der wärmeren Jahreszeit	während der kälteren Jahreszeit
CaO im Seewasser	=	7.9	9.0
CaO im Flusswasser		1	1

		während der wärmeren Jahreszeit	während der kälteren Jahreszeit
MgO im Seewasser	=	136.6	158.0
MgO im Flusswasser		1	1
SO_3 im Seewasser	=	36.9	39.3
SO_3 im Flusswasser		1	1
Cl im Seewasser	=	362	393
Cl im Flusswasser		1	1

Bei dem Nachweise von Seewasser in Flusswasser mittels chemischer Analyse konnte thatsächlich nur das Chlor in Frage kommen; nur die Magnesia hätte noch ein Erkennungszeichen, jedoch nur halb so deutlich, abgeben können.

In der Zeit, während welcher sich das Salzwasser am stärksten in der Unterweser bemerklich machte (4. Juni bis 1. Oktober 1887), enthielt 1 cbm Wasser an der Schöpfstelle

	I	II	IIa	III	IV
Chlor . . . . g	8790.0	4657.5	2435.7	2111.4	472.65
Magnesia . . . „	976.50	?	289.20	255.66	67.77

Werden für unvermischtes Weserwasser aus der wärmeren Jahreszeit dieselben Durchschnittszahlen, wie vorhin, angenommen, so berechnen sich folgende Verhältnisse:

	bei I	II	IIa	III	IV
Chlor im Mischwasser =	177.0	93.8	49.0	42.5	9.5
Chlor im Weserwasser	1	1	1	1	1
Magnesia im Mischwasser =	63.3	?	18.8	16.6	4.4
Magnesia im Weserwasser	1		1	1	1

Oder es erschienen die genannten Bestandteile des Seewassers verdünnt, ungefähr wie folgt:

bei Bremerhaven	das Chlor	2	fach,	die	Magnesia	2	fach
„ Nordenhamm	„ „	4	„	„	„	?	
„ d. Brücke n. d. Luneplate	„ „	7	„	„	„	7	„
„ Eljewarden	„ „	$8^1/_2$	„	„	„	8	„
„ Sandstedt	„ „	38	„	„	„	31	„

Für die übrige Beobachtungszeit nach 1887 lässt sich in derselben Weise folgendes berechnen:

während der wärmeren Jahreszeit:

bei Bremerhaven	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw. =	87.4 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw. =	26.8 / 1
„ Nordenhamm	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw. =	33.5 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw. =	13.0 / 1
„ der Brücke n. der Luneplate	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw. =	12.5 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw. =	4.1 / 1
„ Eljewarden	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw. =	3.1 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw. =	1.9 / 1

während der kälteren Jahreszeit:

bei	Bremerhaven	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw.	= 75.8 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw.	= 38.2 / 1
„	Nordenhamm	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw.	= 25.8 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw.	= 10.7 / 1
„	der Brücke n. der Luneplate	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw.	= 12.9 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw.	= 5.7 / 1
„	Eljewarden	Chlor i. Mischw. / Chlor i. Flussw.	= 2.3 / 1	Magnesia i. Mischw. / Magnesia i. Flussw.	= 1.7 / 1

Oder es erschien in dem mit der Flut auflaufenden Wasser das Chlor und das Magnesiumoxyd des Nordseewassers verdünnt:

während der wärmeren Jahreszeit:

bei	Bremerhaven . . .	das Chlor	4fach,	die	Magnesia	5 fach
„	Nordenhamm . . .	„	„	11	„	„	„	$10^1/_2$	„
„	der Brücke nach der Luneplate	„	„	29	„	„	„	33	„
„	Eljewarden	„	„	118	„	„	„	72	„

während der kälteren Jahreszeit:

bei	Bremerhaven . . .	das Chlor	5fach,	die	Magnesia	4fach
„	Nordenhamm . . .	„	„	14	„	„	„	15	„
„	der Brücke nach der Luneplate	„	„	28	„	„	„	28	„
„	Eljewarden	„	„	157	„	„	„	93	„

Will man sich das in der Unterweser durch die Flut gestaute Brackwasser in seine Bestandteile, Fluss- und Seewasser, zerlegen, so ergiebt die Rechnung auf Grund der Unterschiede im Chlorgehalte, dass gemischt waren

bei	Bremerhaven	rd. 1 Teil	Seew.	mit	3	T.	Flw.,	1	T.	Seew.	mit	4	T. Flw.
„	Nordenhamm	„ 1	„	„	10	„	„	1	„	„	„	13	„ „
„	d. Brücke n. d. Luneplate	„ 1	„	„	28	„	„	1	„	„	„	27	„ „
„	Eljewarden	„ 1	„	„	117	„	„	1	„	„	„	156	„ „
„	Sandstedt	„ 1	„	„	277	„	„	1	„	„	„	304	„ „

Sind so die Mischungsverhältnisse zwischen Seewasser und Flusswasser in der Unterweser ermittelt, dann ist es möglich, zu berechnen, welche Mengen an Kalk, Magnesia, Schwefelsäure und Chlor sich in 1 cbm Wasser, das aus der Unterweser geschöpft und gesammelt wurde, annähernd finden müssten.

In den folgenden Beispielen sind die zusammengestellten runden Ziffern auf Grund der oben (Seite 24) angegebenen Zusammensetzung des Nordseewassers einerseits und der Durchschnittszahlen der Schöpfstelle VI, Rekum, andererseits berechnet worden.

Juni bis Oktober 1887.

Mischung	Bremerhaven 1 Teil Seewasser und 1 Teil Flusswasser		Nordenhamm 1 Teil Seewasser und 3 Teile Flusswasser		Eljewarden 1 Teil Seewasser und 7½ Teile Flusswasser		1 cbm Flusswasser bei Rekum enthielt
	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. gefunden	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. gefunden	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. gefunden	
	g	g	g	g	g	g	g
CaO . .	338	324	nicht bestimmt		133	146	69.62
MgO . .	1059	977	„	„	262	256	14.57
SO_3 . .	1071	1081	„	„	273	304	42.69
Cl . .	9009	8790	4525	4657	2150	2111	40.08

Wärmere Jahreszeit der übrigen Beobachtungszeit.

Mischung	Bremerhaven 1 Teil Seewasser und 3 Teile Flusswasser		Nordenhamm 1 Teil Seewasser und 10 Teile Flusswasser		Eljewarden 1 Teil Seewasser und 277 Teile Flusswasser		1 cbm Flusswasser bei Rekum enth. durchschn.
	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. durchsch. gefunden	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. durchsch. gefunden	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. durchsch. gefunden	
	g	g	g	g	g	g	g
CaO . .	Diese Bestandteile sind in der Periode Juni bis Okt. 1889 nicht bestimmt worden, die Berechn. fällt daher nicht genau genug aus		124	123	78	79	76.33
MgO . .			205	200	23	29	15.41
SO_3 . .			242	239	64	68	57.02
Cl . .	4532	4342	1680	1666	113	154	49.66

Kältere Jahreszeit der übrigen Beobachtungszeit.

Mischung	Bremerhaven 1 Teil Seewasser und 4 Teile Flusswasser		Nordenhamm 1 Teil Seewasser und 13 Teile Flusswasser		Eljewarden 1 Teil Seewasser und 302 Teile Flusswasser		1 cbm Flusswasser bei Rekum enth. durchschn.
	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. durchsch. gefunden	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. durchsch. gefunden	für 1 cbm berechnet	in 1 cbm Sammelw. durchsch. gefunden	
	g	g	g	g	g	g	g
CaO . .	175	181	106	111	67	74	67.53
MgO . .	430	408	162	143	20	23	13.32
SO_3 . .	406	389	199	188	53	61	53.42
Cl . .	3632	3469	1320	1183	105	104	45.78
K_2O . .	116	174	46	46	9	12	6.95

Die Berechnung ist mit Zahlen vorgenommen worden, die nur Durchschnittszahlen vorstellen, und die berechneten Zahlen sind mit solchen verglichen, die wieder nur Mittelzahlen der Analysen des gesammelten Wassers darstellen. Es konnte daher nur eine annähernde Übereinstimmung erwartet werden. Diese dürfte hinsichtlich der Orte Bremerhaven und Nordenhamm erreicht worden sein, und für den Ort Eljewarden, mitten in der Unterweser, ist die Übereinstimmung zwischen den berechneten und den gefundenen Zahlen in Anbetracht der Grundlagen geradezu genau zu nennen.

Damit ist bewiesen, dass der Einfluss des Seewassers in der Unterweser sich in einer zunehmenden Konzentration der in Lösung

befindlichen anorganischen Salze äussert, nicht in erheblichen, chemischen Umsetzungen, die mit völliger Abscheidung des einen oder anderen Bestandteils unter Bildung von Niederschlägen verbunden wäre.

Zweitens ist zugleich Aufschluss darüber erlangt, wie sich die hydrostatischen Vorgänge zwischen dem spezifisch schwereren Salzwasser und dem leichteren Flusswasser abspielen mögen. Man hätte sich denken können, ersteres treibe das letztere vor sich her oder das Flusswasser gleite über das Salzwasser weg. Die Entnahme der Wasserproben, stets $1^1/_2$ m unterm Wasserspiegel, hätte hierüber keine Entscheidung zugelassen. Nunmehr ist anzunehmen, dass eine vollständige Durchmischung von Flusswasser mit Seewasser stattfindet, so dass ein Querschnitt durch das Strombett eine homogene Wasserschicht darstellt. Das wird hauptsächlich der lebhaften Bewegung der Wassermassen in der breiten Mündung zuzuschreiben sein.

Ein Bestandteil des Weserwassers, von dem sich annehmen liesse, er scheide sich unterm Einflusse des Seewassers ab, ist das Eisen. 1 cbm des Sammelwassers enthielt Eisenoxyd in g

an der Schöpfstelle	VI	V	IV	III	IIa	II	I
während der	(Rekum)						(Bremerh.)
wärmeren Jahreszeit	1.84	0.64	2.55	1.68	1.03	1.23	2.24
kälteren „	1.55	1.46	1.30	1.18	1.33	1.53	0.50

Der Eisengehalt ist hiernach ein äusserst geringer und auch wechselnder. Auf eine Abnahme von den oberen nach den unteren Schöpfstellen hin ist allenfalls aus der zweiten, die kältere Jahreszeit betreffenden Zahlenreihe zu schliessen, dass das Eisen an den untersten Schöpfstellen in geringerer Menge in dem Wasser vorkommt oder ganz verschwunden ist, geht aber unzweifelhaft daraus hervor, dass in dem Sammelwasser von Bremerhaven, aus der Zeit von September 1888 bis Mai 1889 und von Oktober 1890 bis April 1891, und in dem Sammelwasser von Nordenhamm, aus der Zeit von Februar 1888 bis September 1888 und von September 1888 bis Mai 1889, kein Eisen nachweisbar war. Da in der oben erwähnten Probe Nordseewasser mittels der gewöhnlichen Reagentien Eisen ebenfalls nicht nachweisbar war, so ist auch nicht ausgeschlossen, dass die Abnahme des Eisengehaltes nach der Mündung hin auf die Vermischung des eisenhaltigen Flusswassers mit dem nahezu eisenfreien Seewasser zurückzuführen ist.

In der gleichen Weise könnte man die Abnahme der gelösten, organischen Substanz flussabwärts bei Hochwasser erklären. An Kohlenstoff, der in organischer Substanz gelöst war, enthielt 1 cbm Wasser durchschnittlich

bei Schöpfstelle	VI	V	IV	III	IIa.	II	I
in der	(Rekum)						
wärmeren Zeit g	5.835	7.411	5.479	5.680	5.569	5.301	4.146
kälteren „ „	7.678	7.473	7.057	6.555	6.491	6.717	4.491

An den oberen Schöpfstellen war hiernach das Wasser an organischer Substanz reicher, als es bei Bremerhaven erschien. Hier

mischte es sich mit wenigstens drei Teilen Seewasser, das nur verschwindende Spuren organischer Substanz gelöst enthält. Die Vermischung musste eine Verminderung des Gehaltes an organischer, gelöster Substanz in dem Wasser ergeben. Der Einfluss der Luft auf das lebhaft bewegte Wasser soll nicht unerwähnt bleiben, da ihm eine Verminderung der organischen Substanz ebenfalls zugeschrieben werden kann.

B. Die suspendierten Stoffe.

Wie auf Seite 15 und 16 erwähnt worden ist, soll der erste Abschnitt der Beobachtungszeit, vom Juni 1887 bis 1. Oktober 1887, auch bei Besprechung der in der Unterweser zur Hochwasserzeit vorhandenen suspendierten Stoffe ausser Betracht bleiben. Denkt man sich die suspendierten Teilchen völlig trocken, so kommen davon auf 1 cbm Wasser folgende Mengen:

	25. Februar 1888 bis 15. Sept. 1888	15. Sept. 1888 bis 25. Mai 1889	1. Juni 1889 bis 12. Okt. 1889	19. Okt. 1889 bis 15. März 1890	22. März 1890 bis 4. Okt. 1890	11. Okt. 1890 bis 4. April 1891	18. April 1891 bis 6. Juni 1891
bei Bremerhaven . g	306.85	272.40	265.56	285.20	277.71	313.46	285.00
„ Nordenhamm . „	144.60	221.51	106.68	170.16	130.78	95.52	79.00
„ der Brücke nach der Luneplate . „	107.63	196.03	104.76	152.68	104.23	95.36	78.12
„ Eljewarden . . „	107.37	104.35	56.06	60.14	51.90	48.83	39.78
„ Sandstedt . . „	61.44	75.86	60.95	46.67	50.46	52.78	26.40
„ Käseburg . . . „	47.68	98.42	68.81	33.21	53.70	61.27	30.90
„ Rekum . . . „	21.44	17.32	17.88	13.09	18.55	13.54	11.67

Demnach enthielt 1 cbm Wasser an suspendierten Stoffen durchschnittlich

	während der wärmeren Jahreszeit	während der kälteren Jahreszeit
	g	g
bei Bremerhaven	283.78	290.35
„ Nordenhamm	115.27	162.39
„ d. Brücke n. d. Luneplate	98.68	148.02
„ Eljewarden	63.78	71.10
„ Sandstedt	49.81	58.44
„ Käseburg	50.27	64.30
„ Rekum	17.38	15.32

Die Ermittelungen beziehen sich zwar auf eine Wasserschicht, die mehr nach der Oberfläche hin gelegen ist, und sind bei einem gewissen Ruhestande des sonst fliessenden Wassers geschehen. Die gröbsten und schwersten Teilchen hatten vielleicht Zeit gehabt, sich in tiefere Wasserschichten zu begeben. Die zusammengestellten Zahlen sind aber jedenfalls ausserordentlich gut vergleichbar, da überall in $1^1/_2$ m Tiefe geschöpft wurde und für die Hauptmenge des im Profil des Flusses sich bewegenden Wassers giltig.

Aus der Zusammenstellung geht zunächst hervor, dass der Fluss im Winter bei Hochwasserzeit mit einer Ausnahme (bei Rekum) an allen Punkten, wo geschöpft wurde, durchschnittlich mehr suspendierte Stoffe geführt hat, als während der wärmeren Jahreszeit. Das wäre in Übereinstimmung mit der Beobachtung, dass die suspendierten Stoffe eines Wasserlaufs — von künstlichen Verunreinigungen abgesehen — mit dem Wasserstande zu- und abnehmen, wenn vorausgesetzt wird, dass ein Fluss in der kälteren Jahreszeit wasserreicher ist als in der wärmeren. Es leuchtet aber ein, dass der Gehalt eines Wasserlaufs an Sinkstoffen nicht sowohl dem durchschnittlichen Wasserstande entsprechen, als vielmehr von raschen Schwellungen beeinflusst sein wird, die eine Folge starker, viel Erdreich wegschwemmender Niederschläge in seinem oberen Gebiete sind. Derartige Niederschläge finden erfahrungsmässig im Sommer häufiger statt als im Winter; es kann daher nicht überraschen, wenn im Sommer bei Rekum, wo unvermischtes Weserwasser sich findet, dieses durchschnittlich trüber erschienen ist als im Winter. Wieweit sich damit der Wasserstand der Oberweser in Zusammenhang bringen liesse, liegt ausserhalb dieser Untersuchung.

Zweitens ergiebt sich aus obiger Zusammenstellung, dass die suspendierten Stoffe in dem Wasser der Unterweser zur Zeit der Flut stromabwärts zunehmen. Setzt man die Menge, die in dem bei Rekum durch die Flut gestauten Wasser gefunden wurde, gleich 1, so betrug die entsprechende

	in der wärmeren Jahreszeit	in der kälteren Jahreszeit
bei Käseburg	2.9	4.2
„ Sandstedt	2.8	3.8
„ Eljewarden	3.7	4.6
„ d. Brücke nach d. Luneplate	5.7	9.7
„ Nordenhamm	6.6	10.6
„ Bremerhaven	16.3	18.9

Die Trübung des Flutwassers stieg sonach in der wärmeren Jahreszeit in der Unterweser von Rekum bis Bremerhaven durchschnittlich auf das sechzehnfache, in der kälteren Jahreszeit auf das neunzehnfache.

Bei Bremen bereits besteht das Flussbett*) nur noch aus gewöhnlichem Sande, und nussgrosse Kiesel finden sich nur da, wo ein verstärkter Strom tiefere Rinnen gezogen hat. In der Wesermündung und entlang der ganzen Nordseeküste ist, wie schon erwähnt, ein grauer Schlamm abgelagert, der mit dem Namen Schlick bezeichnet wird. Er bildet einen äusserst zähen Boden, ist aber Ablagerung feinster Teilchen und derjenigen Sinkstoffe, die der Fluss unter allen Umständen mit sich bis hinaus ins Meer führt. Wird feuchter Schlick in Wasser aufgerührt, so verteilt er sich äusserst leicht und setzt sich nur ganz langsam wieder zu Boden. Das mit der

*) Franzius. Die Unterweser von Bremen bis Bremerhaven. Petermann's Mitteilungen aus J. Perthes' geograph. Anstalt. 26. Band. 1880. Heft VIII. Seite 295.

Flut in die Weser eindringende Seewasser ist von feinen Schlickteilchen stark getrübt und führt somit bedeutende Mengen suspendierter Stoffe in der Unterweser aufwärts. Da nun an der See mit der kälteren Jahreszeit die stürmischen Zeiten zusammenfallen, so ist erklärlich, dass in dieser Zeit das Salzwasser, das die Flut aus der See mit sich bringt, in der Unterweser durchschnittlich stärker getrübt ist, als in der wärmeren Jahreszeit, dass mithin auch das Flusswasser, das sich mit dem Salzwasser vermischt hat, stärker getrübt erscheint als im Sommer.

Der Umstand, dass die Weser bei Käseburg stärker getrübt erscheint als bei Sandstedt, lässt zunächst schliessen, das rühre von dem Zuflusse aus der Hunte her, der noch an der Schöpfstelle bei Käseburg infolge unvollkommener Mischung des Weserwassers mit dem Huntewasser sich bemerklich macht. Nicht minder wahrscheinlich ist es aber, dass mit dem Andringen der Flut gegen die Huntemündung, die während einer normalen Flut bereits vor der Korrektion der Weser $2^1/_4$ Millionen cbm Flutwasser aufzunehmen vermochte, Strömungen entstehen, weil der Strom gespalten wird. Ein Aufwühlen des Grundes und die Vermehrung der Sinkstoffe infolgedessen ist wahrscheinlich, ebenso wahrscheinlich ist es, dass diese Vermehrung der schwebenden Teilchen noch bei Käseburg zu spüren ist.

Bei Sandstedt erscheint das Wasser wieder klarer und von Eljewarden abwärts nimmt die Trübung so stark zu, dass ihre Ursache, der Schlick des Salzwassers, deutlich zu erkennen ist.

Bei der näheren Untersuchung des Schlammes, der sich aus dem Sammelwasser abgesetzt hatte, zeigte es sich, dass er im allgemeinen recht gleichmässig zusammengesetzt war. Eine Reihe, aus der Zeit vom 11. Oktober 1890 bis 4. April 1891 stammend, ist daher nicht analysiert worden. Wo es sich um die prozentische Zusammensetzung der suspendierten Stoffe handelte, sind auch die in dem ersten Zeitabschnitt, 4. Juni bis 1. Oktober 1887, gesammelten mit berücksichtigt worden. Welche Bestandteile in der Trockensubstanz der Sinkstoffe bestimmt und in welchen Mengen sie gefunden worden sind, geht aus der beifolgenden Tabelle (siehe Tabelle II) über die prozentische Zusammensetzung der in der Unterweser zur Hochwasserzeit schwebenden Teilchen hervor.

Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass die suspendierten Stoffe während eines Abschnittes der wärmeren Jahreszeit enthalten haben: Mineralstoffe (Glührückstand) höchstens 93.33 u. mindestens 80.95% (in konzentrierter Salzsäure u. Salpetersäure) Unlösliches „ 78.55 „ „ 64.60 „ und dass während der kälteren Jahreszeit Mineralstoffe (Glührückstand) höchstens 93.24 u. mindestens 78.55% (in konz. Salzsäure u. Salpetersäure) unlösl. Bestandteile „ 63.79 „ „ 51.89 „ vorgekommen sind.

Die Maxima hiervon finden sich sämtlich an den untersten Schöpfstellen, die Minima bis auf eins, das Eljewarden zugehört, an den obersten Schöpfstellen. Dem entspricht auch folgendes.

Fasst man in der Tabelle der prozentischen Zusammensetzung die drei oberen Schöpfstellen zusammen, indem man aus den zugehörigen Durchschnittszahlen wieder Mittelwerte berechnet, und zieht man die Durchschnittszahlen der vier unteren Schöpfstellen ebenso zu einer Zahlenreihe zusammen, so ergiebt sich, dass die trockenen, suspendierten Stoffe enthielten von

	Bremerhaven bis Eljewarden		Sandstedt bis Rekum	
	in der warmen Jahreszeit	in der kalten Jahreszeit	in der warmen Jahreszeit	in der kalten Jahreszeit
Glührückstand .	90.43%	89.28%	87.96%	79.12%
Kohlensäure . .	2.90 „	3.91 „	2.53 „	1.71 „
Unlösliches . .	61.78 „	61.74 „	59.10 „	57.20 „
Eisenoxyd . .	17.49 „	16.92 „	16.97 „	18.61 „
Kalk	4.36 „	4.08 „	5.01 „	3.64 „
Magnesia . . .	2.56 „	2.62 „	2.91 „	2.81 „
Kali	2.07 „	1.75 „	2.52 „	1.74 „
Schwefelsäure .	1.05 „	0.74 „	0.96 „	1.01 „
Phosphorsäure .	0.55 „	0.36 „	0.97 „	1.15 „
Stickstoff. . .	0.55 „	0.53 „	1.03 „	1.08 „

Die Zusammenstellung lehrt erstens, dass die suspendierten Stoffe an den unteren und deutlicher noch an den oberen Schöpfstellen in der warmen Jahreszeit mehr mineralische Stoffe oder Glührückstand enthielten als in der kalten Jahreszeit, dass also in der kalten Jahreszeit eine grössere Menge schwebender Teilchen verbrennlicher, organischer Art vorhanden war als in der warmen. Auch der Gehalt an unlöslichen Bestandteilen zeigt sich an den unteren Schöpfstellen im Sommer etwas höher als im Winter, und ein noch grösserer Unterschied in diesem Sinne findet sich an den oberen Schöpfstellen. Zweitens zeigt sich, dass die suspendierten Stoffe von den oberen nach den unteren Schöpfstellen hin an Glührückstand und an unlöslichen Bestandteilen zunehmen, denn die Gehaltsziffern dafür sind sowohl in der warmen, als in der kalten Jahreszeit im oberen Teile der Unterweser geringer als im unteren.

Wenn berücksichtigt wird, dass der obere Teil der Unterweser nicht oder nur in höchst geringem Grade mit Seewasser versetzt gewesen ist, so lässt sich die Durchschnitts-Zusammensetzung der suspendierten Stoffe an den oberen Schöpfstellen als diejenige der in schwach strömendem Weserwasser schwebenden Teilchen hinstellen. Diese Sinkstoffe kommen nur in sehr geschützten Buchten und Nebenarmen zur Ablagerung, wenn sie nicht ins Meer geschwemmt werden. Im Mittel enthielten die suspendierten Stoffe

	der Weser	des Salzwassers (Flutwassers) bei Bremerhaven
Unlösliches .	58.15%	61.76% der Trockensubstanz
Kalk . . .	4.16 „	4.22 „ „ „
Magnesia . .	2.86 „	2.59 „ „ „
Kali . . .	2.13 „	1.91 „ „ „
Phosphorsäure	1.06 „	0.46 „ „ „
Stickstoff . .	1.05 „	0.54 „ „ „

Nach früheren Untersuchungen der Moorversuchsstation*) in Bremen besitzt der an den Mündungen der nordwestdeutschen Flüsse abgesetzte Schlick eine ausserordentlich gleichmässige Zusammensetzung; Schlick in völlig trockenem Zustande enthielt

	bei Bremerhaven	Wilhelmshaven	im Dollart (Emsmünd.)
Unlösliches	67.05%	65.30%	64.38%
Kalk	5.86 „	6.57 „	7.09 „
Magnesia	1.71 „	1.81 „	1.85 „
Kali	0.73 „	0.89 „	0.62 „
Phosphorsäure	0.21 „	0.18 „	0.23 „
Kohlensäure	? „	5.72 „	? „
Stickstoff	0.30 „	0.27 „	0.31 „

Über die chemische Beschaffenheit des Bodens in der tiefen See lässt sich hier anführen, was über die Zusammensetzung dreier Meeresgrundproben westlich (I, II aus 37 m Tiefe) und nordwestlich (III aus 25 m Tiefe) von Helgoland bei den Untersuchungsfahrten**) des Kanonenbootes „Drache“ ermittelt worden ist. Jene enthielten

	I	II	III
Unlösliches	96.25%	86.80%	98.75%
Kalk	1.67 „	5.11 „	0.12 „
Magnesia	Spur	0.55 „	0.10 „

Zu bemerken ist, dass der Kalkgehalt des Meeresgrundes hauptsächlich auf beigemengte Trümmer organischer Gebilde zurückzuführen war. Kalk und Magnesia waren an Kohlensäure gebunden; von Eisen und Mangan waren unbedeutende Mengen vorhanden.

Vergleicht man nun die oben aufgestellte Zusammensetzung der suspendierten Stoffe in der Weser, diejenige der suspendierten Stoffe im Flutwasser bei Bremerhaven und die des abgelagerten Seeschlicks bei Bremerhaven, sowie diejenige des Meeresgrundes untereinander, so leuchtet ein, dass der abgelagerte Schlick ärmer an löslichen Bestandteilen erscheint als es die in Flusswasser suspendierten Teilchen sind; die Mitte zwischen beiden halten hinsichtlich des Gehaltes an löslichen Bestandteilen die im Salzwasser der Flut schwebenden Stoffe. Den grössten Gehalt an unlöslichen Stoffen besitzt die Ablagerung in der tiefen See, sie ist als Quarzsand angesprochen worden.

Hiernach kann man sich vorstellen, dass die Sinkstoffe des Flusses durch die Salze des Seewassers ausgelaugt werden; sie nehmen an Kalk, Magnesia, Phosphorsäure und Stickstoff, der in organischer Verbindung vorhanden ist, ab. Zur Ablagerung gelangt daher schliesslich nur Thon und Sand.

Den Gehalt der suspendierten Stoffe an Stickstoff habe ich im Wasser der Unterweser mehrmals verfolgt, indem ich ausser dem Schlamm des Sammelwassers noch besondere Proben der suspendierten Stoffe sammelte und auf ihren Gehalt an Stickstoff untersuchte:

*) Landwirtschaftliche Jahrbücher. 15. Band. 1886. S. 188.

**) Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S. M. Knbt. „Drache“ in der Nordsee in den Sommern 1881, 1882, 1884. Berlin (Mittler & Sohn). 1886. S. 26, 27.

1. wurde gesammelt während der Monate Januar, Februar und der ersten Hälfte des März 1890, und zwar von der Schöpfstelle

	Trockensubstanz		Stickstoff
Bremerhaven	2.0695 g,	darin	0.371%
Nordenhamm	1.0185 „	„	0.494 „
Brücke nach der Luneplate .	0.8535 „	„	0.435 „
Eljewarden	0.2795 „	„	0.901 „
Sandstedt	0.2535 „	„	0.940 „
Käseburg	0.1595 „	„	1.163 „
Rekum	0.0745 „	„	2.162 „

2. wurde gesammelt aus dem Wasser der Schöpfstelle Bremerhaven während Ende März, während April und Mai und zwar 1.7980 g Trockensubstanz und darin gefunden: 0.345% Stickstoff; ferner aus dem Wasser von Nordenhamm im Monat Mai und Anfang Juni 0.4540 g Trockensubstanz, worin 0.236% N gefunden wurde.
3. ist während der Monate August und September und zu Anfang Oktober gesammelt worden:

von Nordenhamm	0.8520 g	Trockensubstanz	mit	0.484% N
„ Eljewarden .	0.6190 „	„	„	0.619 „ „
„ Sandstedt. .	0.5450 „	„	„	0.540 „ „
„ Käseburg. .	1.3360 „	„	„	0.484 „ „

Aus der letzten Zusammenstellung 3 ist zu ersehen, dass der Stickstoffgehalt der suspendierten Stoffe an dem oberen Schöpfpunkte Käseburg nicht höher war als bei Nordenhamm, dass aber im ganzen mittleren Teile der Unterweser, von Sandstedt bis Eljewarden, die suspendirten Teilchen reicher an Stickstoff waren, als bei Nordenhamm. Unter 2 wird der geringe Stickstoffgehalt der suspendierten Stoffe an den unteren Schöpfstellen bestätigt, und die Zusammenstellung unter 1 beweist die beständige Verringerung des Stickstoffgehaltes der suspendierten Teilchen im Unterweserwasser von den oberen nach den unteren Schöpfstellen hin, eine Verringerung, auf welche die Durchschnittszahlen der Tabelle über die prozentische Zusammensetzung der suspendierten Stoffe schliessen lassen. Die Annahme liegt nahe, dass das eine Folge des Salz gehaltes im Wasser ist, der an den untersten Schöpfstellen am grössten wird und auf die Zersetzung oder Auslaugung der Sinkstoffe hinwirkt.

Man kann die Frage aufwerfen, ob man nicht eine Anreicherung des Seewassers mit Stickstoff erwarten sollte? Diese Frage lässt sich ebenso wenig bestimmt beantworten, wie die Frage nach dem Verbleib der gelösten organischen Substanz. Die Mengen, die das Wasser mit sich führt, sind im Vergleich zu den übrigen Bestandteilen sehr gering. Hinsichtlich des Stickstoffs wäre eine weitgehende Zersetzung seiner Verbindungen bis zur Bildung gasförmigen Stickstoffs zu vermuten, denn ausser Spuren von Stickstoffverbindungen enthält das Nordseewasser nicht mehr Stickstoffgas, als auch Süsswasser unter gewöhnlichem Atmosphärendruck gelöst enthalten kann.

Hinsichtlich der gelösten organischen Substanz, wie auch derjenigen in den Sinkstoffen ist es möglich, dass sie unterm Einflusse des Seewassers bis zur Entstehung von Kohlensäure zersetzt wird.

Hierfür spräche, dass in dem Seewasser bedeutend mehr Kohlensäure (gebundene) angetroffen worden ist, als im Süsswasser.

Aus den Zahlen über die prozentische Zusammensetzung der suspendierten Stoffe war eine Tabelle berechnet worden, die angab, wieviel von jedem Bestandteile in 1 cbm Wasser suspendiert war. Diese Tabelle war wieder zu einer neuen zusammengezogen worden, worin die Zeitabschnitte nach der wärmeren und nach der kälteren Jahreszeit gesondert waren, und die für jede dieser Jahreshälften angab, wieviel an einer Schöpfstelle höchstens und wieviel mindestens, sowie im Durchschnitt in 1 cbm Wasser von den Bestandteilen der suspendierten Stoffe vorhanden gewesen war.

Diese Tabelle ist hier beigegeben (siehe Tabelle III).

Ihr Inhalt lässt sich besser übersehen, wenn ganz so, wie oben bei der Tabelle über den Gehalt des Wassers an gelösten Bestandteilen, die graphische Darstellung der Durchschnittswerte zu Hilfe genommen wird (siehe Tafel II).

Die Länge der Streifen der graphischen Darstellung drückt in gewissem Verhältnisse den Gehalt eines Kubikmeters Wasser an dem am Rande vermerkten Bestandteile in g aus. Auch in dieser Darstellung sind die Felder, die sich auf die Schöpfstellen Rekum bis Sandstedt beziehen, dunkel ausgezeichnet worden.

Es bietet sich fast ganz dasselbe Bild, wie bei der graphischen Darstellung, die sich auf die im Wasser gelösten Stoffe bezog. Wie dort das Seewasser bewirkte, dass von den oberen nach den unteren Schöpfstellen hin gewisse Bestandteile ungeheuerlich zunahmen, so zeigt sich auch eine starke Zunahme der in unlöslicher Form vorhandenen Bestandteile infolge der Vermehrung der Sinkstoffe durch den Schlick, den das Seewasser in die Unterweser einführt.

Von Rekum bis Bremerhaven nahmen in der Unterweser zu, in Form suspendierter Stoffe,

während der warmen Jahreszeit:

		in 1 cbm		in 1 cbm			
Mineralstoffe	von	14.51 g	bis	258.58 g,	das ist das	17	fache,
Unlösliches	„	9.99 „	„	179.11 „	„ „ „	18	„
Eisenoxyd	„	3.17 „	„	46.63 „	„ „ „	15	„
Kalk	„	0.67 „	„	12.75 „	„ „ „	19	„
Magnesia	„	0.79 „	„	6.91 „	„ „ „	9	„
Schwefelsäure	„	0.17 „	„	2.19 „	„ „ „	13	„
Phosphorsäure	„	0.34 „	„	1.29 „	„ „ „	4	„

während der kälteren Jahreszeit:

		in 1 cbm		in 1 cbm			
Mineralstoffe	von	12.35 g	bis	252.82 g,	das ist das	20	fache,
Unlösliches	„	8.30 „	„	174.92 „	„ „ „	21	„
Eisenoxyd	„	2.92 „	„	45.69 „	„ „ „	16	„
Kalk	„	0.48 „	„	11.91 „	„ „ „	25	„
Magnesia	„	0.50 „	„	6.73 „	„ „ „	13	„
Schwefelsäure	„	0.16 „	„	2.04 „	„ „ „	13	„
Phosphorsäure	„	0.32 „	„	0.85 „	„ „ „	3	„

Vergleicht man die Menge der in 1 cbm gelöst vorhandenen Stoffe mit der Menge der in 1 cbm Wasser in unlöslicher Form suspendierten Stoffe, was ohne weiteres Nebeneinanderstellen von Zahlen durch einen Vergleich der graphischen Tafeln möglich ist, deren eine die gelösten Bestandteile des Wassers in zehnmal kleinerem Massstabe veranschaulicht, als die suspendierten Mengen dargestellt sind, so ergiebt sich der schon früher einmal gezogene Schluss wiederum, dass chemische Umsetzungen grösseren Massstabes unter Bildung von Niederschlägen während der Vermischung des Flusswassers mit dem Seewasser nicht stattfinden. Es mischen sich Flüssigkeiten, die beide die gleichen Bestandteile aufweisen, nur sind diese in der einen in viel stärkerer Konzentration vorhanden, als in der anderen. Zur völligen Ausscheidung gelangen anscheinend nur Eisenoxyd und Phosphorsäure, letztere wohl bereits im Weserwasser, da hierin nur ganz verschwindende Spuren Phosphorsäure gelöst sind, während die suspendierten Stoffe mehr enthalten. Die in den schwebenden Teilchen enthaltene Menge Phosphorsäure ist jedoch immer noch viel zu gering, um alles Eisen gebunden halten zu können. Fällt Eisen aus dem Wasser als Oxyd aus, so geschieht das jedenfalls unterm Einflusse der gelösten Karbonate oder in Zusammenhang mit organischer Substanz.

---

4. Chemisch-geologische Beziehungen zwischen dem Gebiete und dem Wasser der Weser.

A. Kurze Übersicht über die geologische Beschaffenheit des Wesergebietes.*)

Überblickt man die Bodenbildung des Landes, das sich von der Mündung der Weser hinauf bis zu den Wasserscheiden zwischen diesem Flusse und der Elbe, dem Main, dem Rhein und der Ems erstreckt, so entfallen von dem 875 Quadratmeilen (= 48 180 qkm) umfassenden Gebiete 500 Quadratmeilen auf bergiges Land. Der untere Teil, etwa ein Drittel des ganzen Gebietes, besteht aus Schwemmland.

Am Küstensaume und in den Niederungen der Zuflüsse, die der Unterweser zukommen — ihr Gebiet unterhalb Bremen umfasst noch 120 Quadratmeilen — finden sich mächtige Alluvialablagerungen,

*) Hausmann. Übersicht über die jüngeren Flötzgebilde im Flussgebiete der Weser. Göttingen 1824.

Credner. Über die Gliederung der oberen Juraformation und der Wealdenbildung im nordwestlichen Deutschland. Prag 1863.

v. Dechen. Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im deutschen Reiche. Berlin 1873.

Credner. Elemente der Geologie. 2. Auflage. Leipzig 1872.

Die Hansestadt Bremen und ihre Umgebungen. Festgabe, der 63. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte gewidmet. Bremen 1890.

Kayser. Lehrbuch der geologischen Formationskunde. Stuttgart 1891.

das ist Marschboden. Er bedeckt an der Unterweser etwa 18 Quadratmeilen. Er wird nur aus lehmigen und thonigen Bodenarten gebildet, ist namentlich in älteren Schichten sandig und führt in den oberen Schichten Mergel und Torf.

Das übrige, ältere und höher liegende Land ist aus Tertiärablagerungen gebildet und von Diluvium überzogen. Es ist die Geest (mit Vorgeest). Auf der Geest ist dunkler Thon und feiner Sand, der meist mit weissen Glimmerblättchen vermengt ist, sehr verbreitet. Für das Diluvium ist als Gebirgsart der Blocklehm charakteristisch. Sein Liegendes ist gewöhnlich loser Präglacialsand, der gleichfalls Glimmer führt.

Als dritte Bodengestaltung des Schwemmlandes kommt das Moor in Betracht, eine alluviale Bildung, die der Marsch und der Geest geologisch nicht gleichwertig, weil sie vorwiegend organischer Natur ist.

Die Lagerungsverhältnisse der tieferen Schichten des Schwemmlandes sind wenig bekannt. Erwähnenswert ist, dass auch im Moor kochsalzhaltige Quellen*) entspringen, an denen das Wesergebiet in seinem oberen Teile nicht arm ist.

Anstehendes Gestein findet sich erst 90 km südlich von Bremen, links der Weser, in Hügeln bei Lemförde, und rechts der Weser, bei Rehburg und Neustadt a. R., wo Wälderthon und Kreideformation auftreten. Weiter östlich wird im Schwemmlande anstehendes Gestein nur in unbedeutenden, vereinzelten Inseln angetroffen, und selbst in dem Höhenrücken, der die Elbe von der Aller, d. i. der unteren Weser scheidet und weiterhin an der Bildung der lüneburger Haide beteiligt ist, findet sich festes Gestein nur östlich von Rotenburg, am nordöstlichen Abhange.

Die Grenze zwischen dem hügeligen und dem ebenen Teile des Wesergebietes bilden die wallartigen Ablagerungen des oberen und braunen Jura — Sandstein von kalkigem Gestein überlagert, umsäumt von sandigen und thonigen Schichten — in dem Wiehengebirge und in der „Weserkette“ links der Weser. Sie setzen sich auf der rechten Seite des Flusses in langen, jurassischen und oolithischen Kalkrücken und elliptischen Mulden fort und ziehen sich an die Leine heran, bis in die Gegend von Gandersheim. Eine Masse oberen Jura-Kalkes bildet den Ith (weisser Jura) und den Süntel, jurassischer Kalk erstreckt sich von da bis an den Südwestrand des Deisters. Im oberen Jura des Deisters findet sich Dolomit, reichlich ist dieser auch im Ith, zwischen Hils und Fuhregge vertreten, ferner im Selter, weiter aufwärts findet man ihn südwestlich von Seesen (Kahlberg) und am nördlichen Saume des Harzes.

Der Jura-Weserkette ist von Minden an Wälderthonformation (Thon, Sandstein) vorgelagert. Der Raum zwischen Minden und Wunstorf wird durch das Weald zusammen mit keuperähnlichem Mergel ausgefüllt (oben Kalk, in der Mitte Mergel mit thonigem

*) Fleischer. Über eine Salzquelle im Moorgebiet des Wörpeflusses. Centralblatt für Agrikulturchemie. 15. Jahrgang. 1886. S. 352.

Gips oder Steinsalz, unten Plattenkalk). Auch der Süntel wird nördlich von ihnen umrandet und den Deister entlang ziehen sie sich hin. Der nordöstliche Abfall der Deisterkette ist vornehmlich aus Sandstein gebildet. Ein grauer, fetter Thon (Hilsthon) des Neocomien zieht sich als schmaler Rand mit der Wealdenformation am Deister entlang.

Oberhalb der Jurakette hat der Fluss im Weserberglande verschiedene Formationen durchbrochen. Im nördlichen Teile, nördlich einer Linie, die von dem Nordrande des Solling gegen den Harz hin gezogen wird, findet sich in grösserer Ausdehnung Quadersandstein und Sandsteinschiefer in Verbindung mit Thon- und Mergelmassen, untergeordnet sind Gypslager und Kalkstein. Rechts der Weser, bei Vlotho, in der Gegend von Hameln, am Fusse des Hils' und des Ith, stösst man auf bunten Thon und Mergel (Keuper, Lias). In der Gegend von Pyrmont ist mehrfach Muschelkalk durchbrochen, bereits zeigt sich auch Buntsandstein.

Je näher man der Vereinigung von Werra und Fulda kommt, um so stärker tritt die Formation des Buntsandsteins hervor. Sie bildet die Höhen des Reinhardswaldes, des Bramwaldes und des Sollings. Die Fulda wird von ihrer Quelle an von Buntsandstein stets begleitet und zwar lagern in Massen Thon und Mergel des Buntsandsteins in der oberen Fuldagegend. Von der Werra lässt sich nur im Allgemeinen behaupten, dass sie ihr Bett in Buntsandstein gegraben hat, denn sie entspringt zwar darin, sehr oft durchbricht sie aber auch bedeutende Massen der Muschelkalkformation, die schliesslich die Wasserscheide zwischen Weser und Main bildet (auf der linken Werraseite, zwischen Hildburghausen und Meiningen). Aus der oberen Werra-Gegend ziehen sich Thon und Mergel des Buntsandsteins in Massen an den Rand des thüringer Waldes, und von dessen Südseite erstreckt sich Buntsandstein bis in die Nachbarschaft der Rhön.

Den von Osten her der Weser zuströmenden Nebenflüssen sind ältere Gebirgsarten nur an wenigen Stellen in den Weg getreten. So windet sich um die West- und Südseite des Harzes, von der nordwestlichen Ecke, nördlich von Seesen her, das Zechsteingebirge, reich an Gips und Steinsalz.

Das Wasser der Aller stammt hauptsächlich aus dem Schwemmlande. Sie entspringt in mooriger Gegend; an der oberen Aller findet sich die Triasformation, aber auch Quadersandstein kommt in nicht ganz unbedeutenden Massen vor (Gegend von Völbke, Wefensleben, Helmstedt). In einzelnen Rücken und ausgebreiteten Höhen erhebt sich zwischen Aller und Oker der Muschelkalk mit Spuren der Buntsandsteinformation (Thon und Mergel). Die Gegend von Braunschweig bis an den Harz ist eine tiefe und breite, ausgezackte Bucht, die von unterer Kreide, Jura und Keuper umrahmt und von Kalkmergel, Pläner und Thon und Kreidemergel ausgefüllt ist, also von der oberen Kreideformation und von Schwemmland gebildet wird. Kreidemergel zieht sich aus dieser Bucht in isolierten, nicht sehr grossen Massen über Peine bis in die Niederung, welche die Gegend

von Hannover umfasst. Diese Bodenbildung findet sich in keinen anderen, als in den nördlichen Teilen des Wesergebietes.

Die Leine nimmt ihren obersten Lauf durch Buntsandstein, und zwar durch Thonschiefer und Mergel dieser Formation. Diese hat auf dem Eichsfelde und in nördlicher Richtung weiter, auf der rechten Seite der Leine bis zum westlichen Rande des Harzes bedeutende Erstreckung in anhaltenden Bergzügen, und auch im Leinethal selbst, bis Elze und Gronau, eine grosse Ausdehnung. Muschelkalk hat in der oberen Leinegegend ebenfalls weite Verflächungen, er begleitet die Leine zu beiden Seiten bis in die Gegend von Eimbeck und umzingelt den Solling. Von hier bis in die Gegenden, die nach Norden durch eine von Hameln nach Hildesheim gezogene Linie ungefähr begrenzt wird, kommen zu beiden Seiten der Leine und zwischen ihr und der Weser noch einzelne Muschelkalk-Rücken vor. Nördlich einer Linie Seesen—Gandersheim—Greene—Wenzen findet sich Sandstein im Leinegebiete, er zieht sich auf der rechten Seite der Leine von Winzenburg ab, bildet den Hils und die Fuhregge, einen grossen Teil des Süntels, den nordöstlichen Abfall der Deisterkette. Diese Bodenbildungen sind teils der schon erwähnten Formation des Jura, teils dem Weald zugerechnet worden.

Sehr mannigfaltig sind die Bodenbildungen, durch die sich das Thal der Innerste zieht. Sie entspringt im Übergangsgebirge, fliesst weiterhin durch Thon und Mergel der Buntsandsteinformation, und wo sie sich Hildesheim nähert, weist ihr Thal Quadersandstein, Muschelkalk, Keuper, weissen und braunen Jura auf.

Das Gebiet der links in die Weser mündenden Zuflüsse ist bemerkenswert durch das Zurücktreten der Kalkformation. Weisser Jura fehlt. Die Hunte entspringt zwar in Trias und durchbricht die erwähnte jurassische Weserkette, entwässert im Ganzen aber nur Schwemmland. Triasgebilde liegen meist auch zwischen Wiehengebirge und Teutoburger Wald. Auf Trias ruht in dem grossen, flachen Becken zwischen Bünde, Herford und Bielefeld bunter Thon und Mergel des Lias, die sich bis in die Gegend von Paderborn verfolgen lassen. Das Plateau von Paderborn ist zum Teil aus Muschelkalk gebildet, zum Teil ist es eine alluviale Sandfläche. Der Muschelkalk zieht sich aus der Gegend von Cassel durch das Waldeckische und die untere Diemelgegend heran. Von Paderborn nach Driburg hin, zwischen Fulda und Diemel, an der südwestlichen Verflachung des Reinhardswaldes lagert Thon und Mergel des Buntsandsteins. Hierdurch sind auch die weiten Mulden der Sandsteinhöhen Oberhessens und des Fürstenthums Waldeck ausgefüllt.

Das in geologischer Hinsicht charakteristische des oberen Flussgebietes der Weser besteht, kurz zusammengefasst, darin, dass auf den Hebungen des welligen Hügellandes die unteren Glieder der Trias, besonders Buntsandstein, vorherrschen, während in den Senkungen auf Muschelkalk sich Keupermergel und Keupersandstein, oft auch Jura und Kreide (Pläner, Quadersandstein) lagern. Die Weser durchbricht also auf ihrem ganzen Laufe keine anderen als jüngere Gebirgsarten. Denn wenn auch die bedeutenden Erhebungen im

Flussgebiete der Weser, der Harz, Thüringer Wald, die höheren Berge Oberhessens, Westphalens und in Waldeck älteren Ursprungs sind, so bahnen sich doch auch kleinere Nebenflüsse, die im Gebirge entspringen, wie Oker, Innerste, Diemel, sobald sie die höheren Berge verlassen haben, durch jüngere Gebirgslagen ihren Weg.

Basalt (auch in verschiedenen Abänderungen, wie Mandelstein, Dolerit) hat hie und da die jüngeren Lagen durchbrochen, sich auf grosse Flächen aber nicht ausgedehnt.

Vor allen den Formationen jüngeren Ursprungs im Wesergebiete ist durch Ausdehnung in horizontaler Richtung und durch Mächtigkeit diejenige des Buntsandsteins ausgezeichnet. Beispielsweise kommen in dem Gebiete des ehemaligen Kurhessen*) von 174 Quadratmeilen 85 Qu.-M. auf Buntsandstein, 12 Qu.-M. auf Röth (Thon und Mergel des Buntsandsteins), 11.5 Qu.-M. auf Muschelkalk. Im Allgemeinen herrscht in den südlichen Teilen des bergigen Weserlandes Thonsandstein, in den nördlichen Mergelsandstein vor. Quarzsandstein ist, was die Mächtigkeit betrifft, am geringsten vertreten. Eine Mächtigkeit des Sandsteins von 400 bis 800 Fuss ist nicht ungewöhnlich, an einzelnen Stellen erreicht sie 1000 bis 1500 Fuss. Die thonigen und mergeligen Lagen der Formation (Letten, Schieferthon, Thonmergel, Mergelthon, Sandmergel) stehen dem Sandstein an Ausdehnung weit nach. Die Bergzüge haben geringere Breite als der bunte Sandstein und viel wechselndere Dimensionen. Die grösste Mächtigkeit steigt selten über 600 Fuss, meist liegt sie zwischen 50 und 400 Fuss. Im Allgemeinen zwar eng verbunden mit der Formation des Buntsandsteins, aber in unbedeutender Ausdehnung erscheint grauer und brauner Letten, Schieferthon und Mergelthon des Muschelkalkes; auf dem Wechsel zwischen Buntsandstein und Muschelkalk, in den Lagen, die zum oberen Buntsandstein gehören, kommt Steinsalz vor, daher die salzhaltigen Quellen, die zahlreich sind. Der Kalkstein der Muschelkalkformation, in der Hauptmasse ein dichter, grauer Kalkstein, hat in horizontaler Richtung oft sehr grosse Ausdehnung, schwankt aber bedeutend in seiner Mächtigkeit, zwischen ein paar Fuss und mehreren hundert.

Die Keupermergel kommen nicht in bedeutender Mächtigkeit vor, auch nicht zusammenhängend und nicht in grosser Ausdehnung. Ihre grösste Stärke beträgt selten mehr als 50 bis 100 Fuss. Bemerkt sei, dass in dieser Schicht in Norddeutschland kein Steinsalz gefunden wurde, wie es in Lothringen der Fall gewesen ist.

Bedeutend steht hinter den Hauptgliedern der jüngeren Gebirgsbildungen die Juraformation zurück, die gewöhnlich lange, schmale Bergrücken und lange, elliptische Mulden bildet. Die Mächtigkeit ist sehr verschieden, sie steigt bis auf 500 und 700 Fuss. Noch geringere Verbreitung besitzt der weisse Jurakalk. Seine Mächtigkeit ist gering und übersteigt schwerlich 600 Fuss. Die Formation enthält Dolomit.

*) Dietrich. Jahresbericht für Agrikulturchemie. 13. Jahrg. 1870. S. 4.

In grosser, horizontaler Ausdehnung erscheint die Formation der Kreide. Ihre Mächtigkeit ist schwieriger zu beurteilen, da sie sich nur zu Hügeln erhebt, die allerdings 400 bis 500 Fuss Höhe erreichen können.

Wie sich aus der Bodenbeschaffenheit im Flussgebiete der Weser ergiebt, herrschen da an Gebirgsarten vor:

Sandstein (auch thonig),

Thon und Mergel (Letten, Schieferthon, Mergelthon: der Thon oft sandig, eisenoxydhaltig, kohlig, bituminös),

Kalkstein (dichter Kalkstein, Muschelkalk, Gryphitenkalk, Kreide. — Dolomit).

Untergeordnet kommen vor:

Gips (besonders in Buntsandstein und Keuper, Muschelkalk, Jura).

Steinsalz.

Der Vollständigkeit wegen wären noch erwähnenswert: Eisen- und Kohlenlager.

B. Die Abtragung des Flussgebietes durch Tagewasser.

Die Hauptmenge des in der Weser fliessenden Wassers ist auf die Quellen des Flussgebietes zurückzuführen, sie versorgen fast allein in trockener Jahreszeit den Fluss mit Wasser: das sogenannte Tagewasser, das von den atmosphärischen Niederschlägen herrührt, ist nur periodisch von Einfluss. Die in dem Wasser gelösten Stoffe sind vornehmlich den Quellen entflossen, zum kleineren Teil werden sie durch das Wasser der atmosphärischen Niederschläge in die Weser gespült. Denn, wie weiter oben schon angeführt wurde, es erscheint in regenreicher Zeit das Flusswasser in seinen gelösten Stoffen verdünnt, mit schwebenden Teilchen dagegen bereichert.

Für die Zusammensetzung des Tagewassers, das sich in dem Flussnetz der Weser sammelt, ist sicher die Zusammensetzung des lockeren Bodens, das ist der Ackerkrume, massgebend, die aus der Zertrümmerung, Verwitterung oder Zersetzung der von ihr bedeckten Bodenschicht hervorgegangen ist. Wie in den Bodenschichten, so zeigt sich auch in der davon abhängigen Ackerkrume des Wesergebietes viel Abwechselung. Sie lässt sich indessen auf einige Hauptarten zurückführen, die den oben angeführten Hauptgebirgsarten als Verwitterungsprodukte entsprechen.

Verwitternder Buntsandstein*) liefert einen sehr leichten, an löslichen Mineralstoffen und an Phosphorsäure sehr armen Boden. In welchem Grade er sandig ist, hängt — wie auch beim verwitternden Sandstein anderer Formationen — von der Menge des kalkigthonigen Bindemittels ab, das weggeschwemmt wird. Zurück bleibt ein Lössboden. Saure Silikate der Alkalien, Alkalikarbonate, Kalk-

*) E. Wolff. Württemberg. naturw. Jahreshefte. 23. Jahrgang. 1. Heft. S. 78.

Über Verwitterung von Sandstein:

Bischof. Lehrbuch der Geologie. 3. Band 1866. S. 158, folgende.

Schütze. Dissertation. Erlangen 1886. Berlin. (Unger.)

Stocklasa. Landw. Versuchsstationen. Band XXXII, 1885. S. 203.

bikarbonat und Kalkphosphat, ferner Kalksulfat werden in löslicher Form weggeführt. Nebenbei oxydieren sich beim Zerfall des Sandstein-Bindemittels die Ferro-Verbindungen, es entstehen Hydrate der Sesquioxyde und Hydrosilikate.

Im bergigen und hügeligen Teile des Wesergebietes haben tertiäre Massen, vor allem Lehmlager, einen grossen Einfluss auf die Ackerkrume.

Weniger leicht, als Sandstein, zerfällt und verwittert Kalkstein. Nicht nur Erdalkalien, Kalk und Magnesia, sondern auch Alkalien gelangen in Lösung. Der Rückstand ist reich an Kieselsäure. Für die Ackerkrume bieten hauptsächlich die Thon- und Mergellager zwischen den Kalksteinbänken das Material. Da im Wesergebiete die Kalkbänke oft mit Schieferthon und Letten wechseln, so ist die Ackerkrume auf Kalkstein sehr oft von thoniger Beschaffenheit. Besonders der Muschelkalk*) liefert eine Ackerkrume, deren Kalkgehalt wider Erwarten nicht sehr bedeutend ist, andererseits infolge des Gehaltes an Feldspath kalireich sein kann. Als Verwitterungsprodukt des mittleren Muschelkalkes**) kann sicher der Lehm betrachtet werden. Bei Verwitterung von Schiefer***) werden Kalk, Magnesia, Kali und Phosphorsäure ausgelaugt. Phosphorsäure wird auch von Gryphitenkalk†) beim Zerfall abgegeben. Wenn Phosphorsäure nur in äusserst geringen Spuren im Flusswasser gefunden worden ist, so liegt das daran, dass sie überall durch Eisen- und Thonerde-Verbindungen alsbald in unlösliche Verbindungen übergeführt und so festgehalten wird.

Eine mächtige Ackerkrume liefern Thon- und Mergelschichten. Aus Schieferthon und Letten bildet sich ein zäher Thonboden, aus Mergelthon und Thonmergel ein weniger zäher Kleiboden. Bunte Farben des Thons und Mergels teilen sich auch der Ackerkrume mit. Oft herrscht beim Mergelthon im Wesergebiete die rote Farbe vor.

Die Basaltmassen,††) die hin und wieder im Wesergebiete unter den jüngeren Schichten angetroffen werden, liefern bei der Verwitterung ebenfalls Thonboden, und zwar schweren, eisenschüssigen, der reich an Kalk und Magnesia ist.

Der Unterlauf des Flusses, der im Flachlande liegt, geht durch den „Detritus“, die abwärts geschwemmten Zersetzungsprodukte des Gebirges.

Aus dem vorhergehenden erhellt, dass das Hauptprodukt beim Zerfall der Schichten, welche die Oberfläche des Wesergebietes zusammensetzen, Thon ist. Die leichten Thonteilchen werden vom Wasser ohne Schwierigkeit fortgetragen und wir begegnen ihnen in den suspendierten Stoffen des Weserwassers, das je nach der

*) E. Wolff. Jahresbericht des Vereins für vaterl. Naturkunde. 1878. — Jahresbericht für Agrikulturchemie. Jahrgang 1878. S. 13.
**) Weise. Landw. Versuchsstationen. 1877. S. 1.
***) v. Planta. Landw. Versuchsstationen. 15 Band 1872. S. 241.
†) Wolff u. R. Wagner. Württb. Jahreshefte für vaterl. Naturkunde. 1871.
††) Stock. Mineralog. petrolog. Mitteilungen. Tschermak 1888. IX. S. 429. Hanamann. Journal für Landwirtschaft. 1887. XXXV. S. 85. Fühlings landw. Zeitschrift. 1878. S. 350.

Heftigkeit der Niederschläge im bergigen Teile des Flussgebietes durch diese schwebenden Teilchen eine gelblichrote bis nahezu ziegelrote Färbung erhalten kann. Die Zufuhr gelöster Salze in dem über die Bodenoberfläche dem Flusse zurinnenden Wasser ist im ganzen und grossen gering im Vergleich zu dem, was er aus einer Anzahl Quellen erhält, auch liegt auf der Hand, dass es Salze derselben Art sind, die im Flusswasser schon enthalten sind.

Von einem Bestandteile lässt sich vermuten, dass er durch das über die Oberfläche zurinnende Wasser reichlicher zugeführt wird, als er im Wasser der Quellen enthalten ist, nämlich von der Kieselsäure und den Alkalisilikaten. Es hat denn auch 1 cbm des bei Rekum (Tabelle I) geschöpften Wassers enthalten: in der wärmeren Jahreszeit durchschnittlich 8.10 g SiO_2, in der kälteren, durch höheren Wasserstand ausgezeichneten Jahreszeit 13.19 g SiO_2.

Die Zusammensetzung der suspendierten Teilchen ist auf Seite 32 und folgenden erörtert und auf Seite 33 die Gleichartigkeit in der Zusammensetzung, die der Schlick an der ganzen Nordseeküste aufweist, hervorgehoben worden. Eine gewisse Gleichmässigkeit in der Zusammensetzung der feinen Teilchen, welche die Flussläufe der Erde in ihrem Wasser schwebend fortführen und vor ihren Mündungen absetzen, lässt sich aus den Analysen, die sich in der Litteratur hierüber finden, erkennen. Die Absätze bestehen meist, wie die nachstehenden Beispiele zeigen, zur Hälfte bis zu zwei Dritteln aus Kieselsäure und in Säuren unlöslichen Stoffen; gegen den Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde treten stets alle übrigen Bestandteile zurück.

			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VIIa.
Unlösliches,	Kieselsäure.	Proz.	45.95	49.67	53.07	58.97	57.63	62.30	58.15
	Thonerde .	„	17.58	11.98	14.57	9.97	10.75	7.96	17.79
	Eisenoxyd .	„	7.13	11.73	10.21	4.25	14.42	7.89	
	Kalk . . .	„	5.88	0.88	1.74	0.02	2.73	7.68	4.16
	Magnesia .	„	2.74	0.27	1.07	0.04	0.24	0.09	2.86
	Kali . . .	„	2.42	1.29	6.67	1.11	0.89	?	2.13
			VIIb.	VIII.	IX.	X.	XI.	XIIa.	XIIb.
Unlösliches,	Kieselsäure.	Proz.	61.76	62.90	60.39	60.48	64.51	82.94	82.25
	Thonerde .	„	17.21	21.25	9.82	22.00	14.10	12.85	5.51
	Eisenoxyd .	„				11.28	11.86	2.59	5.60
	Kalk . . .	„	4.22	0.66	6.91	1.75	Spur	1.62	0.09
	Magnesia .	„	2.59	1.22	2.14	0.27	0.92		0.44
	Kali . . .	„	1.91	2.42	0.95	?	?	?	0.49

I. Suspendierte Stoffe der Donau bei Pest. Nach Ballo. Vergl. Fischer: Das Wasser. 2. Auflage. Seite 27.

II. Suspendierte Stoffe der Weichsel. Bischof, Lehrbuch der Geologie. 2. Auflage. 1. Band. Seite 515.

III. Suspendierte Stoffe des Nils nach Müntz. Zeitschrift für angewandte Chemie. 1889. Seite 233.

IV. Löss, den der Rhein angeschwemmt hat. Bischof, a. a. O. Seite 504. I.

V. Suspendierte Stoffe des Rheins bei Bonn. Bischof, a. a. O. Seite 498.

VI. Jüngere Absätze des Rheins, brauner Thon bei Bonn. Bischof, a. a. O. Seite 506.

VIIa. VIIb. Suspendierte Stoffe der Weser.

VIII. Marsch-Erde (Maibolt, mineralischer Untergrund des Kehdinger Moors). Landwirtschaftliche Jahrbücher. 1883. Seite 90.

IX. Schlick (obere Lage) aus dem Jadebusen. Landwirtschaftliche Jahrbücher. 15. Band. 1886. Seite 186.

X. Absatz eines Flusses in Surinam. Bischof, a. a. O. Seite 516. III.
XI. Schiefer. Bischof, a. a. O. Seite 498.
XII. Absätze zweier Flüsse in Nordamerika;
a. des Grand Rond in den Rocky Mountains. Bischof, a. a. O. I.
b. des Mississippi. Brauner Lehm, der ungeheure Flächen von sehr gleichförmiger Beschaffenheit bedeckt. Hilgard. Agricultural Science. Vol. VI. 1892. Nr. 6.

Da die unlöslichen Anteile des Schlammes sein spezifisches Gewicht bedingen, und da das fliessende Wasser jedenfalls nur solche Teilchen weit forttragen kann, deren spezifisches Gewicht innerhalb gewisser Grenzen liegt, so ist die Ähnlichkeit der Zusammensetzung von Schlamm ganz verschiedener Herkunft nicht sehr auffällig. Die neue Bodenschicht, die von den grösseren Flüssen der Erde vor ihren Mündungen angeschwemmt wird, zeigt wohl überall denselben Charakter, nämlich den eines Thonbodens. Nach Bischof*) entspricht diese Neubildung, was den Rhein betrifft, einem eisenhaltigen Thonschiefer, für den oben unter XI die Zusammensetzung angegeben ist. Einem eisenhaltigen Thonboden ähnelt auch der Absatz aus der Weser. Von C. Virchow**) ist nachgewiesen worden, dass der Boden unserer Marschen ursprünglich die Zusammensetzung des Seeschlicks gehabt hat, die Weser ist sonach heute noch an der Erzeugung eines jüngsten Marschbodens in der See tätig.

Bischof***) hat es als wünschenswert bezeichnet, dass die schwebenden Teilchen eines Stromes kurz vor seiner Mündung untersucht werden möchten, damit die in geologischer Hinsicht wichtige Frage, ob dem Meere das Kalkkarbonat nur in Auflösung zugeführt werde, beantwortet werden könne. Wie auf Seite 32 angegeben ist, enthielten die suspendierten Stoffe

	des Weserwassers:		des Salzwassers in der Mündung:	
Unlösliches	58.15	% der Trockens.	61.76	% der Trockens.
Kalk	4.16	„ „ „	4.22	„ „ „
Magnesia	2.86	„ „ „	2.59	„ „ „
Kohlensäure	3.41	„ „ „	2.12	„ „ „

Vergleicht man damit die Analyse von Schlick aus dem Jadebusen, Seite 33, der in der Trockensubstanz mehr Unlösliches, etwas mehr Kalk, weniger Magnesia und mehr Kohlensäure enthielt, so ergiebt sich, dass gegenüber dem in dem Weserwasser gelösten Kalkkarbonat diejenige Menge kohlensauren Kalkes, die an den suspendierten Stoffen haftet, gering ist. In Form schwebender Teilchen enthielt 1 cbm Wasser bei Bremerhaven durchschnittlich nur

7.24 g CO_2 und 12.75 g CaO in der wärmeren Jahreszeit,
12.29 g CO_2 und 11.91 g CaO in der kälteren Jahreszeit.

Der höhere Gehalt an kohlensaurem Kalk, den der abgelagerte Schlick besitzt, ist auf die Thätigkeit von Organismen, Protozoën und dergl., zurückzuführen. Die Abscheidung des kohlensauren Kalkes aus dem Meerwasser geschieht bekanntlich durch die Thierwelt des Meeres.

*) Lehrbuch der chem. und physikal. Geologie. 2. Aufl. 1. Bd. S. 499.
**) Das Kehdinger Moor. Landw. Jahrbücher. 1883.
***) a. a. O. Seite 514.

C. Die Abtragung des Flussgebietes durch Quellwasser.

Von den Bestandteilen, die im Weserwasser ermittelt wurden, übertreffen das Natron und das Chlor an Menge alle anderen. Die Regeln, welche die deutschen Chemiker einhalten, wenn sie die in den Lösungen von Chloralkalien bestimmten Basen und Säuren zu Salzen gruppieren, stimmen darin überein, dass die Schwefelsäure, SO_3, vor allem an Kalk, CaO, zu binden ist. Bleibt danach etwas Schwefelsäure übrig, so wäre dieser Rest nach der einen Vorschrift (Fresenius, Anleitung zur quantitativen chem. Analyse, 6. Auflage. II. Band, S. 232, 290, 315) an Magnesia, MgO, zu binden, nach der anderen Vorschrift (Böckmann, chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 3. Auflage. I. Band, S. 294) ist ein solcher Rest mit Natrium zu verbinden, und die Magnesia soll nur als Chlormagnesium, $MgCl_2$, angeführt werden. Nach der ersten Vorschrift wäre die Magnesia zunächst als schwefelsaure Magnesia zu berechnen, falls nach Bindung des Kalkes an Schwefelsäure von dieser etwas übrig bliebe, und dann erst wäre sie als Chlormagnesium anzuführen.

Im allgemeinen ist die Berechnung der Analysen bekanntlich immer eine mehr oder minder willkürliche.

Die Bestandteile, die das Weserwasser gelöst enthält, sind nicht so mannigfaltig, dass es schwierig wäre, mit einiger Sicherheit anzugeben, welche Salze ihnen entsprechen. Es genügt, die Hauptbestandteile in Betracht zu ziehen. Die verschwindende Menge Eisen würde eine ebenso geringe Menge Kohlensäure nötig haben, um als Ferrokarbonat gelöst zu bleiben. Die organische Substanz, die das Wasser gelblich färbt, hat man vornehmlich als Humusverbindungen zu denken. Die folgende Darlegung liesse sich an jeder Probe Sammelwasser beweisen, um Weitläufigkeiten zu vermeiden, mögen jedoch wieder die Durchschnittszahlen (Tabelle I) zum Anhalt dienen:

1 Liter Weserwasser, das bei Rekum während der kälteren Jahreszeit geschöpft war, enthielt

Gebundene Kohlensäure, CO_2	0.03513 g	
Kalk, CaO	0.06753 „	
Magnesia, MgO	0.01332 „	
Schwefesäure, SO_3	0.05342 „	
Chlor, Cl	0.04578 „	
Alkalien, als Chloride berechnet, KCl + NaCl	0.07565 „	(davon 0.06870 NaCl
Kali, K_2O	0.00695 „	= 0.03641 Na_2O
Kieselsäure, SiO_2	0.01319 „	= 0.02694 Na_2)

Der Bestandteil Schwefelsäure wird vollständig von Kalk gebunden (0.05342 SO_3 verlangt 0.03740 CaO). Der Rest Kalk kann nur an Kohlensäure gebunden sein (0.03013 CaO verlangt 0.02368 CO_2). Denn das Natrium kann vollständig von der vorhandenen Menge Chlor gebunden werden (0.02694 Na verlangt 0.04158 Cl), es bleibt sogar ein geringer Rest Chlor übrig (0.00420 Cl). Die vorhandene Menge Kali würde zwar ausreichen, um den Rest Chlor ganz zu binden (0.00695 K_2O bindet 0.00525 Cl_2), da aber auch

Kieselsäure mit Kali in Verbindung zu bringen ist und diese verhältnissmäsig erhebliche Mengen Alkali verlangt, um ein lösliches Salz zu geben, so würde man sich immer dazu verstehen müssen, Chlor in Verbindung mit Magnesium zu bringen. Silikate*) finden sich in allen Flusswässern. Die übrige Hauptmenge Magnesia ist an Kohlensäure zu binden (0.01041 MgO + 0.01145 CO_2). Obwohl kohlensaure Alkalien**) so häufig sich in Quellwassern finden, sind sie nur ganz ausnahmsweise in Flusswasser gefunden worden, denn die Karbonate der Alkalien haben sich darin bereits mit den Sulfaten und Chloriden der Erdalkalien umgesetzt. Der hohe Chlorgehalt des Weserwassers spricht gegen die Bindung der Kohlensäure an Alkalien.

Folgende Salze sind in dem Weserwasser gelöst gewesen: Gips, Karbonate des Kalks und der Magnesia, Chlormagnesium, Kochsalz (vielleicht auch Chlorkalium), Alkalisilikate.

Zu dem gleichen Schlusse führt auch die Zusammensetzung des konzentrierteren Weserwassers, wie es in der wärmeren Jahreszeit zu finden ist. Nachstehend der Durchschnitt der an Chlor am wenigsten reichen unter den wärmeren Perioden, und zwar der drei letzten.

1 Liter Weserwasser, bei Rekum geschöpft, enthielt:

Gebundene Kohlensäure, CO_2	0.05622 g	
Kalk, CaO	0.07777 „	
Magnesia, MgO	0.01575 „	
Schwefelsäure, SO_3	0.05305 „	
Chlor, Cl	0.05253 „	
Alkalien, als Chloride bestimmt, KCl + NaCl . . .	0.08747 „	(dabei 0.07753 NaCl
Kali K_2O	0.00627 „	= 0.03048 Na)
Kieselsäure, SiO_2	0.00786 „	

Die Schwefelsäure wird von Kalk gänzlich gesättigt (0.05305 SO_3 verlangt 0.03714 CaO). Der Rest Kalk kann vollständig an Kohlensäure gebunden werden (0.04063 CaO verlangt 0.03197 CO_2). Das Natrium verlangt weniger Chlor als vorhanden ist (0.03048 Na verlangt 0.04704 Cl), an das übrig bleibende Chlor lässt sich ganz das Kali binden (0.00627 K_2O verlangt 0.00473 Cl_2), und der Rest Chlor (0.00076 Cl) ist als Chlormagnesium zu berechnen. Da noch Kieselsäure mit Alkalien in Verbindung zu bringen ist, so ist die Menge Chlormagnesium jedenfalls noch grösser anzunehmen. Die Hauptmenge des Magnesiums ist als Karbonat vorhanden.

Für das Vorhandensein von Chlormagnesium im Weserwasser spricht entschieden, dass salzhaltige Quellen oder Soolen thatsächlich Chlormagnesium als solches enthalten, wie J. und S. Wiernik***) mittels einer neuen Methode nachgewiesen haben. Das aus Soolen gewonnene Kochsalz enthält geringe Mengen Magnesia, viel seltener oder gar nicht findet sich darin Kali, es ist also genügend Grund dazu, das nach Bindung mit Natrium übrig bleibende Chlor an

*) **) Bischof, Lehrbuch der Geologie. 2. Aufl. I. Band. S. 280 u. folg.

***) Zeitschrift für angewandte Chemie. Jahrgang 1893. Heft 2. Seite 43 bis 47.

Magnesium zu binden, wie oben angegeben wurde. Wenn in dem Sommerwasser deutlicher das Chlor und Chlormagnesium hervortreten, so entspricht das dem Vorherrschen von Quellwasser in der Weser zu dieser Zeit.

Früher ist von Kreusler*) und Alberti die Zusammensetzung von Wasser aus der Innerste, einem Nebenflusse der Leine, angegeben worden, wonach 1 cbm 17.2 g $MgCl_2$ enthielt. Der Gehalt des Wassers an Chlor, 17.6 g in 1 cbm, ist übrigens nicht so hoch, dass der Innerste ein bedeutender Beitrag zu dem hohen Kochsalzgehalt der Weser zuzuschreiben wäre.

Von dem Trockenrückstande, der in 1 cbm des bei Rekum geschöpften Weserwassers im Jahresdurchschnitt 281 g betrug, entfällt rund ein Drittel allein auf den Gips, ebenfalls fast ein Drittel auf die als Chloride bestimmten Alkalien. In welcher Beziehung steht diese Salzmenge zu den geologischen Formationen des Wesergebietes?

Bei Besprechung der Bodengestaltung oben ist hervorgehoben worden, dass am oberen Laufe der Weser Buntsandstein vorherrscht. Quellwasser,**) die dieser Formation entspringen, sind durch ausserordentliche Reinheit und sehr geringen Gehalt an gelösten Stoffen ausgezeichnet. Von Wasser, das dem oberen Keupergebiete entspringt, ist gleichfalls bekannt, dass es beim Verdampfen einen sehr geringen Rückstand hinterlässt. Ueberschreitet der Trockenrückstand von Wasser, das in den genannten Schichten entspringt, bedeutend das gewöhnliche Mittel, so lässt sich sicher annehmen, dass es Gipseinlagerungen, die allerdings nicht gerade häufig sind, passiert hat. Nicht nur an Quellen, sondern auch im grossen lassen sich an Flüssen***) dieselben Verhältnisse beobachten. Solche, denen ihr Wasser zumeist aus dem Urgebirge oder aus Sandsteinformationen zugeführt wird, haben ein weicheres Wasser, als Flüsse, deren Einzugsgebiet sich auf Kalksteinformationen verteilt.

Der an Kohlensäure gebundene Kalk, der als Bikarbonat gelöst in die Weser gelangt, hat seinen Ursprung in dem Muschelkalk, in der Juraformation und in den Kreide-Ablagerungen, die den mittleren und unteren bergigen Teil des Wesergebietes bilden helfen. Die Herkunft des Magnesiumbikarbonats im Weserwasser ist vor allem in den Dolomitanhäufungen in der Jurakette zu suchen, die das Weserbergland begrenzt. Wenn die Magnesia der Menge nach hinter den Kalk zurücktritt, so entspricht das dem Umstande, dass sie in der Natur nur im Dolomit angehäuft vorkommt, auch schwieriger in Lösung durch die Kohlensäure gebracht wird als Kalk; selbst Kalksilikat wird von Kohlensäure und Wasser leichter zersetzt als dolomitähnliches Gestein.

---

*) Erster Bericht der Versuchsstation Hildesheim. 1873.

**) Die chemischen und hydrographischen Verhältnisse der fränkischen Keuperformation von M. Lechler. Inaugural-Dissertation. Erlangen 1892.

***) Bischof. Lehrbuch der Geologie. 2. Auflage. I. Band. S. 271 und folgende.

Roth. Chemische Geologie. I. Band. S. 439, 454 und folgende.

Von dem Kochsalz im Weserwasser ist anzunehmen, dass es, samt der geringen Menge Chlormagnesium, den zahlreichen Salzquellen oder Soolen entflossen ist, die sich im Wesergebiete finden. Die Salzlager, deren Auslaugung die Soolquellen anzeigen, sind zumeist zwischen Buntsandstein und Muschelkalk zu suchen, stellen also Einlagerungen dar, wie es die Gipsstöcke sind.

Demnach ergiebt sich, dass die im Weserwasser gelösten Salze sich zu zwei Dritteln ihrer Menge (Gips, Kochsalz) auf Ablagerungen zurückführen lassen, die den geologischen Formationen des Wesergebietes ganz untergeordnet sind, und dass nur rund ein Drittel des Wasserrückstandes von den Formationen, die sehr weite Verflächungen zeigen, geliefert wird.

Durch die im Wesergebiete liegenden Bevölkerungsmittelpunkte wird der Kochsalzgehalt des Wassers nur unwesentlich im Vergleiche zu der Menge erhöht, die durch die Quellen hineingelangt ist. Beispielsweise enthielt die Leine*) oberhalb der Stadt Hannover in 1 l 100.1 mg Chlor, unterhalb der Stadt 108.7 mg Cl.

D. Die Abtragung quantitativ betrachtet.

Auf Seite 18 sind Zahlen zusammengestellt worden, die die Mengen gewisser Bestandteile angeben, die das Weserwasser an der Grenze des Flutgebietes während der warmen und während der kalten Jahreszeit durchschnittlich gelöst enthalten hat. Im Jahresdurchschnitt hatte sich in 1 cbm Weserwasser befunden:

Trockenrückstand	305	g	A
Chlor	41.5	„	
Kalk	80	„	
Magnesia . . .	17	„	
Schwefelsäure .	56	„	

Aus der Tabelle 1 ergeben sich als Jahresdurchschnitt folgende Zahlen:

Trockenrückstand	281.0	g	in	1	cbm	B
Chlor	47.7	„	„	„	„	
Kalk	71.9	„	„	„	„	
Magnesia . . .	14.4	„	„	„	„	
Chlor-Alkalien .	86.9	„	„	„	„	
Schwefelsäure .	55.2	„	„	„	„**)	

Bei einem mittleren Jahreswasserstande von 0.73 m über bremer Null und bei einer mittleren Geschwindigkeit von 0.76 m fliessen in 1 Sekunde bei Bremen in das Flutgebiet ab: 300 cbm Wasser. Hiernach lässt sich berechnen, dass die Weser bei Bremen in einem Jahre durchschnittlich vorbeigeführt hat:

*) Fischer. Das Wasser. 2. Auflage. Berlin (Springer). S. 25.

**) Die gelöste Menge Phosphorsäure im Weserwasser beträgt höchstens 1.5 g P_2O_5 in 1 cbm. Der Fluss führt davon jährlich nicht mehr als 0.014 Millionen metr. Tonnen ins Meer.

zufolge A:

	in 1 Sekunde			metr. Tonnen
gelöste Stoffe	91.5 kg,	daher	2 885 544 000 kg	= 2.89 Millionen
Chlor	12.5 „	„	349 200 000 „	= 0.35 „
Kalk	24.0 „	„	756 864 000 „	= 0.76 „
Magnesia	5.1 „	„	160 833 600 „	= 0.16 „
Schwefelsäure	16.8 „	„	529 804 800 „	= 0.53 „

zufolge B:

	in 1 Sekunde			metr. Tonnen
gelöste Stoffe	84.3 kg,	daher	2 658 484 800 kg	= 2.65 Millionen
Chlor	14.3 „	„	451 280 160 „	= 0.45 „
Kalk	21.6 „	„	680 231 520 „	= 0.68 „
Magnesia	4.32 „	„	136 235 520 „	= 0.14 „
Chlor-Alkalien	26.1 „	„	822 143 520 „	= 0.82 „
Schwefelsäure	16.6 „	„	522 236 160 „	= 0.52 „

An der Schöpfstelle Rekum fliessen durchschnittlich in einer Sekunde 400 cbm ab, denn man kann für diesen Punkt dasselbe gelten lassen, was für den Punkt Farge*), ganz wenig oberhalb Rekum gelegen, ermittelt worden ist. Diese Wassermenge von 400 cbm ist aber nicht, wie die Abflussmenge bei Bremen, direkt gemessen worden, sondern ist durch Rechnung gefunden. Diese ergiebt für Farge eine sehr geringe Strömung zur Zeit der Flut (Flutströmung) von 144 cbm in 1 Sekunde, und zwar bedeutet diese Zahl nicht einen Rückfluss des Wassers infolge der Flut, sondern die Hebung des Wasserspiegels, die von der Flut bewirkt wird, mithin die in der Sekunde zurückgestaute Menge Oberwasser, die sich über dem normalen Wasserspiegel ablagert. Mit der Ebbeströmung fliessen dann in 1 Sekunde im Mittel 485 cbm ab. Für die ganze Dauer der Ebbe und Flut, also während einer Tide, berechnet sich der Abfluss in einer Sekunde auf 400 cbm, der vor wie nach der Korrektion des Flusses derselbe bleibt. Weiter unterhalb, für einen Punkt zwischen den Schöpfstellen Käseburg und Sandstedt, berechnet sich bereits eine mittlere Wassermenge von 1800 cbm, die in der Sekunde während einer Tide fliessen.

Die Berechnung der im Weserwasser fortgeführten Stoffmengen stösst demnach unterhalb der Huntemündung auf bedeutende Schwierigkeiten, allein was die Wassermengen betrifft, die in der Zeiteinheit abwärts fliessen sollen. Berechnet man diese Stoffmengen für die Schöpfstelle Rekum, so erscheint die mittlere Abflussmenge von 400 cbm in der Sekunde vielleicht etwas zu hoch gegriffen, obwohl oberhalb der Stelle sich Lesum und Ochtum in die Weser ergossen haben. Die Hunte vermehrt, wie auf Seite 20 gezeigt wurde, die gelösten Stoffe in der Weser nicht.

*) Franzius, die Unterweser. Petermanns geographische Mitteilungen 26. Bd. 1880. Heft VIII. S. 299 und 300.
Festgabe, der 63. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte gewidmet. Bremen 1890. S. 172, 173.

Durchschnittlich enthielt das Jahr hindurch 1 cbm Wasser bei Rekum 281 g gelöste Stoffe (vergl. S. 19 und 48); die von der Weser dort jährlich vorbeigeführte Menge berechnet sich bei 400 cbm Abfluss zu 3.5 Millionen metrischer Tonnen. Durchschnittlich enthielt 1 cbm Weserwasser bei Rekum 16.35 g schwebende Teilchen, wovon 12.35 g mineralischer Art (Glührückstand) waren. Bei 400 cbm Abfluss werden dort 6540 g in 1 Sekunde vorbeigeführt, oder während eines Jahres 206 245 440 kg, wovon 155 787 840 kg mineralischer Art sind. Das sind 206 245 metrische Tonnen Schlamm, darunter 155 788 Tonnen Mineralstoffe während eines Jahres. Nimmt man für den Ort Bremen eine zwischen den auf Seite 49 berechneten Zahlen von 2.89 und 2.65 Millionen Tonnen liegende als die wahrscheinlichere für die gelösten Stoffe an, so wird man der Wirklichkeit sehr nahe kommen — und um annähernde Werte kann es sich nur handeln — wenn die Last gelöster und schwebender Bestandteile, die jährlich die Weser ins Meer trägt, auf rund 3 Millionen metrischer Tonnen beziffert wird.

Beim Austrocknen des an der Nordseeküste lagernden Schlicks findet nach Ermittelungen von Fleischer*) eine Kontraktion des Volumens statt. 1 cbm Schlick, der nur 2.99 % Wasser enthielt, fasste 1255.2 kg völlig trockene Masse, und 1 cbm Schlick mit nur noch 1.30 % Wassergehalt enthielt 1262.4 kg Trockensubstanz. Man wird hiernach das Gewicht eines cbm völlig trockenen Schlicks zu rund 1270 kg ansetzen können. Schlick**), der soweit ausgetrocknet war, dass seine Oberfläche betreten werden konnte, hatte in 1 cbm 856 kg Trockensubstanz enthalten.

Wenn nun die Weser in einem Jahre 206 245 440 kg feinen Schlamm ins Meer führt, so würde diese Menge, völlig trocken, einen Raum von 162 398 cbm einnehmen, oder eine Fläche von 487 194 qm $^1/_3$ m hoch bedecken können, oder gar eine Fläche von 722 823 qm, wenn der Schlick nur soweit trocken ist, dass er betreten werden kann. Wird das Zuflussgebiet der Weser auf 48 180 qkm***) berechnet, so ergiebt sich weiter, dass durch obige Schlammmassen allein das Gebiet abgetragen wird um 0.00337 mm jährlich (1 qkm um 3.37 cbm) bei 400 cbm Abfluss ins Flutgebiet in 1 Sekunde.

Selbst wenn man nur einen Abfluss von 300 cbm in der Sekunde annimmt, würde die Weser 154 684 080 kg feinsten Schlamm oder 121 800 cbm völlig trockene Masse jährlich ins Meer führen, womit 365 400 qm $^1/_3$ m hoch bedeckt werden könnten, oder gar eine Fläche von 542 115 qm, wenn der Schlick nur soweit trocken ist, dass er betreten werden kann. Die Abtragung des Zuflussgebietes berechnet sich hierbei auf 0.00253 mm (1 qkm um 2.53 cbm); sie beträgt im Mittel aus dieser und der vorhin berechneten Zahl:

*) Mitteilungen über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation in Bremen. Sonderabdruck aus den landwirtschaftl. Jahrbüchern 1883. S. 222.

**) Landwirtschaftl. Jahrbücher 1886. 15. Bd. S. 187.

***) Nach Franzius. Festgabe u. s. w. S. 146.

0.00296 mm. Auf Seite 48 ist angegeben worden, welche Menge gelöster Stoffe die Weser jährlich bei 300 cbm Abfluss in 1 Sekunde in ihre Mündung trägt. Die meisten Gesteinsarten, die sich am Aufbau der Gebirge beteiligen, besitzen ein spezifisches Gewicht*) von 2.0 bis 2.9. Die schwefelsauren und Chlor-Verbindungen des Calciums und des Magnesiums und der Alkalien, die vorzugsweise im Weserwasser gelöst sind, besitzen in fester Form ebenfalls ein nicht hoch über 2 liegendes und unter 3 sich haltendes spezifisches Gewicht. Jene Gesamtmenge gelöster Stoffe würde in fester Form, wenn das spezifische Gewicht zu 2.25 angenommen wird, ein Volumen von

1 282 464 000 l oder 1 282 464 cbm (zufolge A)
1 181 548 800 „ „ 1 181 549 „ („ B)

einnehmen. Dieses Volumen vermöchte einerseits eine Fläche von

3 847 392 qm (zufolge A)
3 544 646 „ („ B)

mit einer $^1/_3$ m hohen Salzschicht zu bedecken, andererseits das Zuflussgebiet um

0.0266 mm (1 qkm um 26.6 cbm) zufolge A
0.0245 „ (1 „ „ 24.5 „) „ B

abzutragen.

Zusammen mit dem feinsten Schlamm trägt die Weser eine Last jährlich in das Meer, die das Zuflussgebiet um

0.0266 + 0.00296 = 0.02956 mm (zufolge A)
0.0245 + 0.00296 = 0.02746 „ („ B)

abträgt, oder um

rund 0.03 mm.

Das Gebiet würde auf diese Weise nach 33300 Jahren um 1 m erniedrigt sein.

Bei Bremerhaven enthält 1 cbm Wasser aus der Weser, wenn die Flut am höchsten steht, im Jahresdurchschnitt 287.065 g Schlick. Dort bewegt bei normaler Flut und bei normalem Oberwasser die Flutströmung während 20400 Sekunden 136223800 cbm Wasser, mithin 39 105 085 kg suspendierte Schlickteilchen, die, zu einer trockenen, betretbaren Bodenschicht angehäuft, eine Fläche von 137050 qm oder rund 14 ha $^1/_3$ m hoch bedecken würden, oder als völlig trockene Masse einen Raum von 30791 cbm einnehmen und 92373 qm Fläche $^1/_3$ m hoch bedecken würden. Demnach wälzt die Flut zweimal

*) Credner. Elemente der Geologie. 2. Aufl. S. 170.

täglich den sechsten Teil derjenigen Schlammmenge, die von der Weser binnen einem Jahre ins Meer geführt wird. Wenn man bedenkt, dass bei Bremerhaven der Mündungstrichter nur 1.8 km breit ist, sich aber 19 km weiter abwärts auf 20 km verbreitert, so erhält man eine Vorstellung davon, welche ungeheure Masse zukünftigen Alluvialbodens die Flutwelle des Meeres in sich trägt.

Um das 53000 ha oder 530 Millionen qm einnehmende Mündungsgebiet der Weser mit einer betretbaren Schlickschicht von 0.3 m Tiefe zu bedecken, müsste die Weser länger als 700 Jahre (730) geflossen sein, und um eine gleichhohe, völlig trockene Bodenschicht zu liefern, 1100 Jahre lang.

Da das Absetzen des Schlicks äusserst langsam vor sich geht, hat die Einwirkung des Salzwassers auf die schwebenden Teilchen, ihre auf Seite 33 erwähnte Auslaugung, eine ungeheuer lange Dauer. — Wollte man die Rechnung auf den Trockenrückstand oder die Salzmenge ausdehnen, die sich mit der Flutwelle einmal bei Bremerhaven binnen sechs Stunden vorbeibewegt, so würde sich ergeben: Bei einem specifischen Gewichte 1.01*) wiegen 136223800 cbm, die sich binnen 20400 Sekunden vor Bremerhaven bewegen, 137568038 Tonnen, sie enthalten in 1 cbm durchschnittlich 7668 g Salz, mithin 1044564098 kg, ausserdem 39105085 kg Schlamm, zusammen rund 1084000 metr. Tonnen.

Die Wassermassen in der Wesermündung sind demnach zu rund $^1/_{3500}$ ihres Gewichts mit Schlamm und zu $^1/_{127}$ ihres Gewichtes mit gelösten Stoffen nebst Schlamm beladen. Beim Eintritt in das Flutgebiet ist die Weser nur zu $^1/_{62500}$ ihres Gewichtes mit feinen Schlammteilchen, und zu rund $^1/_{3000}$ mit gelösten nebst suspendierten Stoffen beladen.

E. Kurzer Vergleich mit anderen Flüssen.

Hält man Umschau nach Beobachtungen der hydrologischen Verhältnisse anderer Flüsse, die mit Regelmässigkeit lange Zeit fortgesetzt sind, so dass die zahlenmässigen Ergebnisse einen wirklichen Durchschnitt darstellen, so kommen die Donau**) und die Maas***) in Betracht. Erstere ist bei Wien von Wolfbauer und bei Pest von Ballo, letztere bei Lüttich ein Jahr lang von Troost und Spring regelmässig untersucht worden. Der Vergleich mit der Weser sei der Kürze halber in folgende Zusammenstellung gefasst:

*) Das salzreichste Sammelwasser von 1887 hatte das specifische Gewicht 1.0128.

**) Vergl. „Die Donau“ von Prof. Dr. A. Penck in den Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien. 31. Band. Wien 1891. Seite 3 bis 101. — Hierin werden zum ersten Male die hydrographischen Verhältnisse des Gesamtstromes zusammenhängend geschildert.

***) Annales de la Société géologique de Belgique. F. XI. 1884. p. 123. — Jahresbericht f. Agrikulturchemie. 28. Jahrgang für das Jahr 1885. S. 53.

	Länge des Laufes km	Strom-Geschwindigkeit m	Wasserführung cbm. in 1 Sek.	Zuflussgebiet qkm	Jährl. Last gelöst. u. suspend Stoffe. Mill. Tonnen	Jährl. Abtragung d. Flussgebietes mm
Weser, bei Bremen .	588*	0.8	300	48180	3.0	0.030
Donau, bei Nussdorf, kurz oberhalb Wien	917.8		1650	102236	14.3	0.056
Im Vergleich zur Weser	1.6 fach	etwa 2 fach	5.5 fach	2.12 fach	4.6 fach	2 fach
Donau, bei Pest. . .	1222.6		2370	184200	23.9	0.052
Im Vergleich zur Weser	2,0 fach	etwa ebensogross	7.9 fach	3.8 fach	7.7 fach	fast 2 fach
Maas, bei Lüttich .	etwa 460	?	210	?	1.3	?

* Länge des Laufes der Weser von Münden bis Bremen 367 km, der Fulda allein 260 km, der Werra 181 km, zusammen $367 + \frac{260 + 181}{2} = 588$ km

Vergl. v. Dechen. Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im deutschen Reiche. Berlin 1873. S. 96 ff.

Nach zehnjährigen Beobachtungen (1862—1871) führt die Donau in ihrer Mündung während einer Sekunde 2164 kg Schlamm oder jährlich 69 Millionen metr. Tonnen ins Meer. Das sind 27.6 Millionen cbm, wodurch das ganze Zuflussgebiet (816947 qkm) jährlich um 0.033 mm abgetragen wird. Die Wassermassen sind zu $^1/_{3060}$ ihres Gewichts mit Schlamm beladen. Die Weser, deren Zuflussgebiet etwa den achtzehnten Teil des Donaugebiets beträgt, liefert jährlich nur 0.15 bis 0.21 Millionen cbm Schlamm.

Dem Gewichte nach verhalten sich in der
Donau bei Wien die suspendierten Stoffe : gelösten Stoffen wie 1 : 1.7,
„ „ Pest „ „ „ : „ „ „ 1 : 1.4,
Weser, an der Flutgrenze „ „ „ : „ „ „ 1 : 20,
Maas bei Lüttich zwischen Oberlauf und Anschwemmungsgebiet „ „ „ : „ „ „ 1 : 4.5.

Über den Rhein, die Elbe, Oder und Weichsel lassen sich ähnliche Betrachtungen aus Mangel an Durchschnittszahlen nicht anstellen. Für die meisten deutschen Flüsse fehlt es an Messungen der abfliessenden Wassermengen*) an gewissen Punkten und bei verschiedenem Wasserstande, so dass direkte Vergleiche nicht gezogen werden können.

Beispielsweise scheinen über den Rhein die Angaben Bischofs**) bisher die ausführlichsten geblieben zu sein. Unter einander würden sich der Rhein und die Donau, obwohl ihrem Gewässer nach beide Alpenflüsse sind, nicht schlechthin vergleichen lassen, da der eine von beiden im Bodensee ein grosses Klärbecken durchlaufen hat.

*) Franzius. Petermanns geograph. Mitteilungen. 26. Bd. 1880. Heft VIII. S. 296.

**) Lehrbuch der Geologie. 2. Aufl. 1. Bd. Kapitel V und VIII.

Im folgenden sind einige Einzelbeobachtungen über den Rhein zusammengestellt. Nach Horner*) enthielt im August 1833 1 cbm Wasser, das trüb und gelb war, 2 m unter der Oberfläche 310.02 g gelöste und schwebende Stoffe; im November 1833, als der Fluss dunkelgelb aussah und wasserreich war, 0.3 m unter der Oberfläche 514.5 g gelöste und schwebende Bestandteile in 1 cbm.

Nach Bischof**) enthielt 1 cbm im März 1851, als der Fluss trüb und geschwollen war, 317.3 g gelöste und suspendierte Stoffe; im März 1852, bei trockenem Wetter und recht klarem Wasser 188.1 g. Im ersten Falle fanden sich 205 g schwebende Teilchen, im andern 17.3 g in 1 cbm. Diese letztere Zahl ist ein Minimum; sie kommt dem Durchschnittsgehalt der Weser an suspendierten Stoffen sehr nahe.

Bei Köln enthielt im November 1870 der Rhein***) bei hohem Wasserstande das eine Mal 149.74 g, das andere Mal 116.66 g suspendierte Stoffe in 1 cbm; bei sehr niedrigem Wasserstande in demselben Monat 42.22 g und 38.2 g schwebende Teilchen in 1 cbm. Ferner findet sich angegeben, dass im März 1886 der angeschwollene Rhein†) in 1 cbm 249 g suspendierte Teilchen enthielt, dagegen im Juni darauf bei niedrigem Wasserstande 120 g. Dann wieder wird ein Durchschnitt††) von 0,533 g suspendierten Teilchen in 10 l Rheinwasser, gleich 53.3 g in 1 cbm angeführt.

Nach solchen auseinandergehenden Angaben kann man es nur als wahrscheinlich hinstellen, dass der Rhein durchschnittlich stärker getrübt ist, als die Weser. Er führt aus seinem Zuflussgebiete verhältnismässig grössere Mengen Wasser aus als die Weser, diese bei Bremen 0.62 cbm in der Sekunde von je 100 qkm Gebiet, der Rhein bei Koblenz 1.07 cbm. Wenn berechnet worden ist, dass der Rhein bei Bonn†††) jährlich so viel schwebende Teilchen vorbeiführt, dass damit 1956 qm $^1/_3$ m hoch bedeckt werden könnten, so ist diese Menge augenscheinlich zu gering. Denn nimmt man an, bei Bonn fliesse in 1 Sekunde eine Wassermenge von 1500 cbm vorbei (für Emmerich†*) unterhalb Bonn ist diese Menge ein Minimum) und nimmt man an, 1 cbm Wasser enthalte 120 g suspendierte Stoffe, wie im März 1886 bei Köln, als der Wasserstand niedrig war, so ergeben sich, wenn man in derselben Weise, wie bei der Weser rechnet, 4.47 Millionen cbm Schlamm in einem Jahre, und nimmt man den geringsten, beobachteten Gehalt von 17.3 g in cbm an, so ergeben sich 64 438 cbm trockener Schlamm, den der Rhein jährlich abwärts führt. Schon die viel kleinere Maas hat in einem Jahre bei Lüttich 238 191 417 kg anorganische suspendierte Stoffe oder über 187 000 cbm vorbeigeführt. Die jährliche Menge gelöster und suspendierter Stoffe dieses Flusses zusammen vermöchte über 300 ha Fläche $^1/_3$ m hoch zu bedecken.

*) Bischof. Lehrbuch der Geologie. 2. Aufl. 1. Bd. S. 497.
**) Ebenda. S. 497 u. 271.
***) Roth. Chemische Geologie. 1. Bd. S. 454, folgende.
†) Fischer. Das Wasser. 2. Aufl. S. 24.
††) Ebenda. S. 24.
††† Credner. Elemente der Geologie. S. 171.
†*) Fischer. Das Wasser. S. 2.

Die Beschaffenheit des Wassers in der Unter-Elbe bietet im Vergleich mit dem Weserwasser nichts auffälliges. Vielfältige Beobachtungen sind bei Hamburg angestellt worden, also ziemlich an der Flutgrenze, die noch oberhalb Hamburg und Harburg zu ziehen ist. Wibel*) findet als sicheres Ergebnis nach einer Zusammenstellung der Analysen von Flusswässern aller möglichen Länder, dass das Elbwasser bei Hamburg weder hinsichtlich seines Gesamt-Gehaltes, noch hinsichtlich der Art und Menge seiner organischen und anorganischen Bestandteile irgend aussergewöhnliche und abnorme Erscheinungen gegenüber anderen Strömen ähnlicher Grösse und ähnlicher Verhältnisse ihres Ursprungs und Oberlaufes bietet.

In den Jahren 1870—75 lieferten Wasserproben**) aus der Elbe hinsichtlich des Gehaltes an gelösten samt suspendierten Stoffen in 1 cbm Zahlen, die nur zwischen 270 und 290 g schwankten. Für Weserwasser (Rekum) hat sich als Durchschnittsgehalt für die kältere Jahreszeit ergeben: 271.30 g gelöste + 15.32 g suspendierte Stoffe = 286.62 g, und für die wärmere Jahreszeit 291.0 + 17.38 = 308.38 g. Die anorganischen, gelösten und suspendierten Bestandteile in der Unter-Elbe schwankten zwischen 227 und 269 g. Für Weserwasser (Rekum) berechnet sich diese Menge, als Summe des Glührestes der gelösten und suspendierten Stoffe, auf durchschnittlich 264.29 g in 1 cbm.

Die suspendierten Stoffe in der Elbe schwankten nach verschiedenen Untersuchungen bei mässiger Trübung des Wassers zwischen 18 bis 36 g in 1 cbm, bei sehr trübem Wasser zwischen 95 und 110 g. Hiernach liesse sich annehmen, dass die Elbe etwas reicher an schwebenden Teilchen ist, als die Weser.

Auch der Chlorgehalt***) der Elbe bei Hamburg, der zwischen 20 und 60 g in 1 cbm beträgt, bietet gegenüber den auf Seite 18 für die Unterweser zusammengestellten Zahlen nichts abweichendes. In ihrem mittleren Laufe, bei Magdeburg, führt die Elbe offenbar ein salzreicheres Wasser, das weiterhin durch Zuflüsse wieder verdünnt wird. Nach einer Zusammenstellung†) enthielt 1 cbm Elbwaser vorm Filtrieren im magdeburger Wasserwerk:

im Jahre	1885—86	677	g	festen	Rückstand,	220	g	Chlor
„ „	1886—87	515	„	„	„	151	„	„
„ „	1887—88	547	„	„	„	166	„	„

Den hohen Chlorgehalt ins Auge fassend, geht man wohl nicht fehl, wenn der hohe Salzgehalt auf die bekannten stassfurter Lager zurückgeführt wird, die auch in das Flussgebiet der Saale gehören.

Ähnlich wie der Rhein entnimmt auch die Elbe ihr Wasser einem Gebiete, das, soweit es zu ihrem Oberlaufe gehört, grösstenteils Urgebirge umfasst. Die Gebirgszüge, die Böhmen umschliessen, sowie die ganze südliche Hälfte dieses Landes bestehen daraus. Im

*) Die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs. Hamburg 1876. 152 Seiten 4°.
**) a. a. O. S. 33.
***) a. a. O. S. 105.
†) Fischer. Das Wasser. 2. Aufl. S. 238. — Vergl. ebenda S. 135, folgende.

Innern Böhmens finden sich Becken, die aus tertiärem Thon und Sand gebildet sind. Einen weit längeren Weg als Weser und Rhein legt die Elbe durch die norddeutsche Tiefebene zurück. Durch diese nehmen Nebenflüsse ihren Weg, die im Urgebirge entspringen, wie Spree und Mulde. Das Gebiet der Saale umfasst auch Urgebirge (in Thüringen, im Harz), ausserdem silurische Schieferbildungen (Ostseite des Harzes), devonische Schichten und Grauwacke, die auch im Frankenwalde und in Thüringen vorhanden sind, aber den grössten Einfluss auf die Beschaffenheit des Saalewassers haben zweifellos der Muschelkalk, der sich vom Eichsfeld in die Unstrutgegend und durch Thüringen nach der Saale zieht, und die zahlreichen Salzquellen und Salzlager, die sich im Gebiete der Saale finden, nebst den Abwässern der hierauf sich gründenden Industrie. Für den Unterlauf der Elbe kommt nur Schwemmland, d. i. Thon, Mergel, Sand (Glimmersand) und vereinzelt Kreideformation (Lüneburg und Meklenburg) in Betracht.

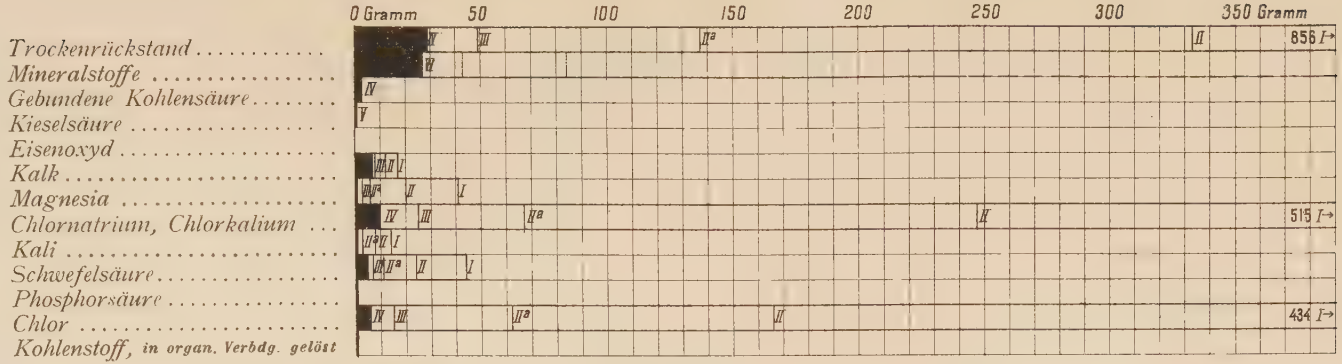
Wie in der Weser wird man einen Hauptanteil der gelösten Stoffe in der Elbe auf geologisch den übrigen Formationen untergeordnete Ablagerungen zurückzuführen haben. Nach einer Analyse von Niederstadt*) enthielt bei Altona (Norderteil) geschöpftes Elbwasser in 100 cc 46.49 mg Trockenrückstand, und davon betrugen der Gips 16.49 mg, Kochsalz nebst Chlorkalium 22.00 mg, kohlensaurer Kalk 4.75 mg, kohlensaure Magnesia 2.60 mg.

Hiernach entfällt, wie im Weserwasser, der grösste Teil des Trockenrückstandes auf Gips und Chloralkalien, demnächst auf Karbonate des Kalks und der Magnesia. Stickstoffverbindungen in gelöster Form fehlen in der Unterelbe wie in der Unterweser.

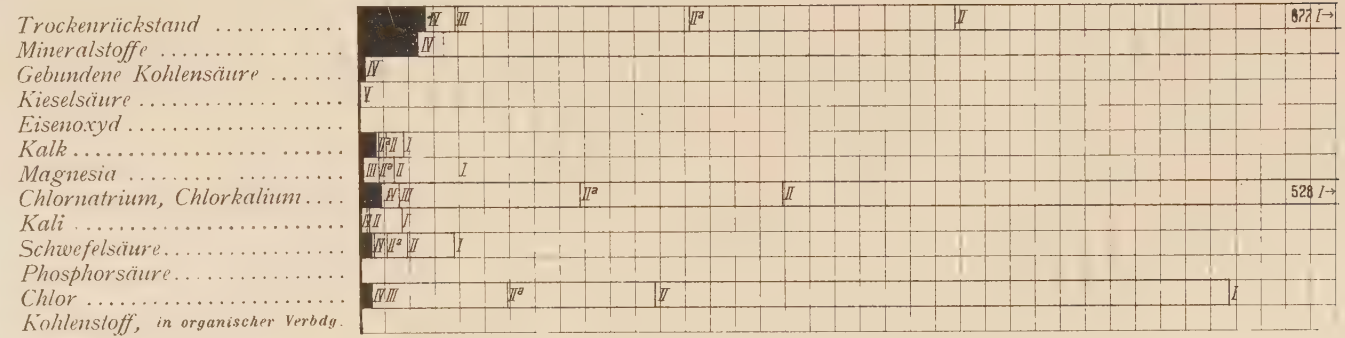
*) Centralblatt f. allgem. Gesundheitspflege. 1891. X. 386. Jahresbericht f. Agrikulturchemie. XIV. 1891. S. 31.

Die chemischen Untersuchungen zu vorliegender Arbeit wurden mit den Hilfsmitteln der Moorversuchsstation in Bremen (Vorsteher: Herr Dr. Tacke) ausgeführt.

0,1 cbm Wasser enthielt während der wärmeren Jahreszeit:



während der kälteren Jahreszeit:



Tafel. I.

Tabelle I.

1 cbm Wasser in der

(25. Februar 1888 bis 15. September 1888, 1. Juni
an den angegebenen Schöpfstellen folgen

	I Bremerhaven im			II Nordenhamm im		
	Maxim.	Minim.	Durchschnitt	Maxim.	Minim.	Durchschn
Gelöste Stoffe überhaupt (Trockenrückstand)	12243.000	5286.000	8561.300	6146.300	1173.000	3337.
Gelöste, mineralische, nicht flüchtige Stoffe (Glührückstand)	.	.	.	.	.	.
In Glühhitze flüchtige Stoffe	.	.	.	.	.	.
Gebundene Kohlensäure, CO_2	.	.	.	.	.	.
Kieselsäure, SiO_2	12.810	3.500	7.790	11.760	7.000	9.
Eisenoxyd, Fe_2O_3	2.750	1.250	2.240	2.850	0.000	1.
Kalk, CaO	200.000	144.500	175.950	175.270	83.000	122.
Magnesia, MgO	530.550	285.880	413.080	367.820	68.700	200.
Schwefelsäure, SO_3	566.120	317.310	454.490	420.830	103.810	238.
Chlor, Cl	6517.500	2648.600	4342.500	3114.500	522.750	1665.
Alkalien, als Chloride berechnet, KCl, NaCl	5586.500	3272.150	5157.050	4605.100	731 250	2472
Kali, K_2O	168.290	79.050	143.550	130.670	25.750	80.
Kohlenstoff der organischen Substanz, C	5.446	2.921	4.146	7.262	3.153	5.

(15. September 1888 bis 25. Mai

Gelöste Stoffe überhaupt (Trockenrückstand)	7252.300	6200.000	6774.500	3057.800	1679.500	2382.
Gelöste, mineralische, nicht flüchtige Stoffe (Glührückstand)	.	.	.	.	.	.
In Glühhitze flüchtige Stoffe	.	.	.	.	.	.
Gebundene Kohlensäure, CO_2	.	.	.	.	.	.
Kieselsäure, SiO_2	15.200	9.300	12.520	19.300	10.620	14.
Eisenoxyd, Fe_2O_3	1.460	0.000	0.500	3.130	0.000	1.
Kalk, CaO	187.900	174.000	180.600	120.200	99.450	110.
Magnesia, MgO	446.500	373 500	408.200	186.480	97.520	142.
Schwefelsäure, SO_3	499.030	229.350	389.200	230.180	140.050	187.
Chlor, Cl	3823.600	3221.800	3469.000	1564.200	793.700	1182.
Alkalien, als Chloride berechnet, KCl, NaCl	5867.000	4757.800	5282.000	2263.000	1021.800	1691.
Kali, K_2O	181.900	166.500	173.900	67.550	34.680	45.
Kohlenstoff der organischen Substanz, C	5.214	3.615	4.415	6.744	6 689	6.

rweser enthielt bei gewöhnlichem Hochwasser (Flut)

rend der wärmeren Jahreszeit

bis 12. Oktober 1889, 22. März 1890 bis 4. Oktober 1890, 11. April 1891 bis 6. Juni 1891)

engen der näher bezeichneten Bestandteile, in Gramm ausgedrückt, in Lösung:

IIa Brücke n. d. Luneplate im			III Eljewarden im			IV Sandstedt im			V Käseburg im			VI Rekum im		
Maxim.	Minim.	Durchschnitt	Maxim.	Minim.	Durchschnitt	Maxim.	Minim.	Durchschnitt	Maxim.	Minim.	Durchschnitt	Maxim.	Minim.	Durchschnitt
4.800	607.000	1368.300	642 100	330.500	492.050	353.900	254.750	297.220	345.800	251.200	283.600	339.300	258.000	291.000
.	.	.	.	.	.	323.500	220.500	267.140	304.400	220.580	250.210	299.000	230.500	258.100
.	.	.	.	.	.	34.250	23.320	30.090	41.400	28.320	33.620	40.300	27.500	32.780
.	.	.	.	.	.	42.640	26.110	33.270	36.250	25.750	30.410	61.520	37.390	51.510
5.300	8.630	8.990	9.080	5.020	7.470	10.110	5.910	7.870	10.980	6.860	9.610	10.200	4.990	8.100
1.210	0.830	1.030	3.000	0.740	1.680	6.500	0.420	2.550	1.250	0.320	0.640	3.000	0.500	1.840
53.580	53.350	75.440	86.500	70.060	78.760	82.000	66.650	72.750	79.500	62.400	71.830	84.500	69.620	76.330
7.470	38.300	62.740	38.160	20.710	29.010	19.620	15.300	16.510	18.360	14.040	15.990	17 640	14.400	15.410
0.730	87.490	111.160	83.690	48.120	68.040	68.400	31.000	50 290	62.080	45.270	51 180	68.940	42.690	57.020
5.740	219.560	620.830	236.370	78.410	154 520	73.000	46.930	63.240	66 040	39.730	56.000	62.570	40.080	49.660
3.020	311.440	674.350	380.000	123.530	250.880	132 000	65.000	91.450	126 000	72.000	87.550	130.000	70 200	98.100
6.290	13.910	34.150	16.160	7.000	11.130	9.800	6.220	7.790	8.320	5.230	6.310	7.080	5.830	6.480
6.825	4.293	5.569	6.880	4.709	5.680	5.665	5.255	5.479	8.144	6.755	7.411	6.279	5.214	5.835

rend der kälteren Jahreszeit

19. Oktober 1889 bis 15. März 1890, 11. Oktober 1890 bis 4. April 1891)

18.200	706.800	1317.000	461.600	295.830	389.980	297.500	209.670	265.260	274.600	205.880	241.490	290.660	258.250	271.300
.	.	.	.	.	.	267.800	178.120	235.400	248.900	170.900	211.900	260.800	231.580	243.580
.	.	.	.	.	.	31.550	27.840	29.700	34.940	25.600	29.580	26.670	23.860	25.710
.	.	.	.	.	.	36.240	19.920	28 930	36.240	23.990	29.970	37.780	33.380	35.130
15.750	11.490	13.390	21.230	10.610	14.980	10 500	5 800	7.630	12 910	4.620	9.580	17.670	10.200	13.190
1.750	0.670	1.330	2.170	0.400	1.180	1.700	1.000	1.300	2.480	0.400	1.460	2.330	0.800	1.550
88.000	67.720	81.660	76 800	70.420	74.420	73.200	43.330	63.180	70.800	48.680	58.900	77 640	54.150	67.530
97 780	43.210	75.880	26.930	16 480	22.580	16.050	13.860	15 240	15.120	12.530	13.510	15.650	12.050	13 320
37.580	76.830	116.600	73.680	47.270	61.080	61.460	45.220	53.180	52.000	43.630	46.590	61.190	44.450	53 420
71.960	296 790	588 680	140.800	58.670	103.840	63.040	43.140	52.770	52.530	43.140	48.110	50.780	41.710	45.780
9.000	142.580	883 630	214.000	94.790	157.470	104.000	82.500	93 970	84.400	69.050	76 320	90.750	67.810	75.650
51.510	18.990	33.900	16.020	9.660	12.180	8.700	6.230	7.160	7.960	6.080	7.100	8.370	5.200	6.950
7.005	6.251	6.628	7.480	5.631	6.555	7.426	6.689	7.057	9.348	5.597	7.473	9.419	5.938	7.678

Tabelle II.

Die in der Unterweser bei Hochwasser suspendierte

während der wä

(4. Juni bis 1. Okt. 1887, 25. Febr. bis 15. Sept. 1888, 1. Juni bis 1

	bei Bremerhaven im			bei Nordenhamm im			bei der Brücke n. d. L im		
	Max.	Min.	Durchschnitt	Max.	Min.	Durchschnitt	Max.	Min.	Dur sch
Miner. Stoffe (Glührückst.)	92.78	89.78	91.18	93.32	88.76	91 22	93.33	85.09	90.
Kohlensäure	5.27	0.70	3.12	6.17	1.50	3.82	2.56	1.25	1.
Unlösliches	64.63	62.50	63.25	63.90	60.82	62.94	63.10	59.13	61.
Eisenoxyd	17.79	13.63	15.82	18.40	15.61	17.27	22.02	15.10	19.
Kalk	5.26	3.75	4.62	6.12	2.97	4.56	4.64	2.46	3.
Magnesia	2.63	1.85	2.32	3.02	2.14	2.50	2.96	1.39	2.
Kali, K_2O	2.53	1.22	1.74	3.78	1.61	2.36	4.68	1.90	2.
Schwefelsäure, SO_3	1.02	0.51	0.81	1.41	0.67	1.28	2.97	0.53	1.
Phosphorsäure, P_2O_5	0.47	0.00	0.35	0.77	0.48	0.60	0.98	0.43	0.
Stickstoff	0.52	0.35	0.44	0.55	0.34	0.45	0.79	0.45	0.

während der käl

(15. September 1888 bis 25. Mai 1889,

Miner. Stoffe (Glührückst.)	91.19	90.15	90.67	90.70	87.68	89.19	93.24	89.27	91.1
Kohlensäure	5.62	3.25	4.44	3.76	2.08	2.92	3.90	1.37	2.6
Unlösliches	63.79	61.64	62.72	61.87	61.50	61.69	65.93	62.30	63.7
Eisenoxyd	17.05	15.76	16.40	17.53	15.13	16.33	17.35	15.61	16.4
Kalk	4.32	4.22	4.28	4.45	4.17	4.31	4.24	3.47	3.8
Magnesia	2.59	2.43	2.51	3.04	2.51	2.78	2.56	2.35	2.4
Kali	2.15	1.49	1.82	1.67	1.48	1.58	4.22	1.70	1.4
Schwefelsäure	0.91	0.56	0.74	0.75	0.71	0.73	0.83	0.73	0.7
Phosphorsäure	0.43	0.17	0.30	0.29	0.23	0.26	0.54	0.29	0.4
Stickstoff	0.52	0.50	0.51	0.64	0.54	0.58	0.52	0.41	0.4

Tabelle III.

Das Wasser der Unterweser enthielt in un

Gramm in 1 L

	I Bremerhaven						II Nordenhamm						IIa Brücke nach der Luneplate							
	warme Jahreszeit			kalte Jahreszeit			warme Jahreszeit			kalte Jahreszeit			warme Jahreszeit			kalte Jahreszeit			wa	
	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	M
Mineralische Stoffe	277.65	246.42	258.58	260.07	245.57	252.82	130.73	72.81	105.68	194 21	154.37	174.29	97.80	70.76	88.74	182.75	136.31	159.53	95.58	3
Kohlensäure, CO_2	13.63	2.15	7.24	15.31	9.27	12.29	8.07	2.17	4.76	8.33	3.54	5.94	2 68	0 97	1.94	7.64	2.64	5.14	1.76	
Unlösliches	191.81	171.66	179.11	181.92	167.91	174.92	90.68	50.48	73.06	136.22	105.30	120.76	66.18	46.18	60.00	129.22	96.05	112.64	66.31	2
Eisenoxyd, Fe_2O_3	53.37	37.87	46.63	46.44	44.95	45.69	26.59	14.54	19.90	33.50	29.84	31.67	21.66	15.82	18.80	30.60	26.49	28.55	21.68	
Kalk, CaO	13.97	11.51	12.75	12.32	11.50	11.91	8.00	2.99	5.22	9.86	7.10	8.48	4.86	2 65	3.73	8.31	5.30	6.80	3.87	
Magnesia, MgO	8.07	6.29	6.91	7.06	6.39	6.73	4.37	1.69	2.96	6.73	4.27	5.50	3 18	1.45	2.21	4 61	3.91	4.26	3.38	
Alkalien, als Chloride bestimmt, KCl, NaCl	18.67	10.41	13.87	13.27	10.51	11.89	8.59	5.35	6.58	8.53	8.08	8.30	6 33	4.86	5.49	6.02	4.89	5.46	5.48	
Kali, K_2O	7.21	4.42	5.49	6.13	4.06	5.10	2.99	1.70	2.27	3.70	2.52	3.11	3.66	2.33	2.58	2.60	2.39	2.49	2.27	
Schwefelsäure, SO_3	2.91	1.34	2.19	2.48	1.60	2.04	1.11	0.88	1.04	1.61	1.21	1.41	3.00	0.57	1.36	1.18	1.19	1.19	1.17	
Phosphorsäure, P_2O_5	1.34	1.23	1.29	1.23	0.46	0.85	1.11	0.00	0.58	0.51	0.49	0.50	1.03	0.45	0.73	0.82	0.57	0.70	0.52	
Stickstoff, N	1.38	1.07	1.23	1.48	1.36	1.42	0.72	0.27	0.54	1.20	1.09	1.15	0.79	0.47	0.63	0.80	0.79	0 80	0.68	

ffe enthielten in Prozenten der Trockensubstanz

ren Jahreszeit

. 1889, 22. März bis 4. Okt. 1890, 18. April bis 6. Juni 1891)

	bei Eljewarden im			bei Sandstedt im			bei Käseburg im			bei Rekum im		
x.	Min.	Durchschnitt	Max.	Min.	Durchschnitt	Max.	Min.	Durchschnitt	Max.	Min.	Durchschnitt
56	84.21	89.13	92.25	88.40	90.63	91.17	84.71	88.71	89.66	80.95	84.54
10	1.64	2.70	4.25	2.37	3.31	4.56	0.44	2.75	1.56	1 50	1.53
52	55.03	59.85	62.47	53.69	58.55	64 25	59.35	61.03	61.29	55.13	57.73
80	13.46	17.64	19.62	14.09	16.89	20.58	12.95	16.31	19.57	15.15	17.72
02	3.55	4.46	6.07	4.66	5.15	6.28	3.82	5.12	9.52	2.86	4 75
15	1.91	3.20	3.09	2.14	2.55	2.62	1.90	2.32	6.17	1.87	3.85
11	0.97	1.45	6.09	1.21	3.50	3.64	1.04	2.08	2.74	1.32	1.97
07	0.44	0.75	1.21	0.52	0.88	1.28	0.33	1.19	1.32	0.23	0.82
00	0.41	0.67	0.98	0.41	0.62	1.06	0.36	0.82	2.38	0.46	1.46
71	0.63	0.67	0.95	0.39	0.74	1.13	0.41	0.81	eine Bestimm.		1.53

n Jahreszeit

Oktober 1889 bis 15. März 1890)

8	82.59	86.09	eine Bestimm.		80.82	88.15	83.06	85.60	83.32	78.55	80.94
2	1.17	2.05	3.01	0.57	1.79	3.23	1.82	2.53	eine Bestimm.		0.81
7	56.31	58.84	eine Bestimm.		60.00	eine Bestimm.		57.20	56.70	51.89	54.30
8	16.50	18.49	20.90	16.55	18.73	18.59	17.77	18.18	20.00	18.53	19.27
8	3.51	3.89	4.14	2.51	3.33	4.73	4.21	4.47	3.42	2.80	3.11
7	2.49	2.73	2.51	2.10	2.30	3.06	2.52	2.79	3 51	3.19	3.35
0	1.52	2.16	2.28	1.94	2.11	1.94	0.80	1.37	2.50	1.00	1.75
2	0.62	0.72	1.16	0.96	1.06	1.63	0.33	0.98	1.70	0.28	0.99
7	0.41	0.49	eine Bestimm.		0.60	1.40	0.56	0.98	eine Bestimm.		1.87
Bestimm.		0.58	1.02	0.74	0.88	1.59	0.68	1.14	eine Bestimm.		1.22

cher Form (als suspendierte Stoffe)

kmeter

III Eljewarden				IV Sandstedt						V Käseburg						VI Rekum					
	ahreszeit	kalte		warme		Jahreszeit		kalte		warme		Jahreszeit		kalte		warme		Jahreszeit		kalte	
tel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mitte
47	86.14	53.84	69.99	63.00	21.57	46.01	eine Beobacht.		37.74	62.16	26.18	44.58	86.74	27.57	57.16	17.33	9.47	14.51	14.41	10.29	12.35
49	2.36	1.22	1.79	2.55	0.29	1.35	1.41	0.43	0.92	3.14	0.21	1.70	3 18	0.60	3.78	0.33	0.28	0.30	eine Beobacht.		0.14
13	58.73	36.88	47.80	38.88	14.17	29.60	eine Beobacht.		28.02	44.20	18.34	31.48	.	.	.	11.80	6.41	9.99	9.81	6.80	8.30
20	17.21	12.31	14.76	11.79	3.78	8.96	15.86	7.73	11.80	14.16	4.00	8.86	18.29	5.90	12.10	4.19	2.23	3.17	3.21	2.62	2.92
55	4.46	2.11	3.29	2.80	1.37	1.98	3.14	1.17	2.16	2.64	0.79	1.90	4.65	1.40	3.03	1.11	0.46	0.67	0.59	0.37	0.48
81	2.59	1.78	2.19	1.49	0.82	1.26	1.91	0.98	1.45	1.40	0.82	1.17	2.48	1.02	1.75	1.10	0.38	0.79	0.55	0.46	0.50
40	3.49	3.49	3.49	3.98	3.58	3.77	3.83	1.87	2.85	2.81	1.96	2.33	4.01	0.78	2.39	0.95	0.62	0.79	1.15	0.89	1.02
49	1.68	1.59	1.64	1.96	1.25	1.63	1.73	0.91	1.32	1.36	0.80	1.10	0.53	0.19	0.36	0.49	0.39	0.44	0.43	0.13	0.28
46	0 86	0.37	0.62	1.29	0.31	0.80	0.88	0.45	0.66	0.65	0.40	0.54	0.54	0.32	0.43	0.25	0.04	0.17	0.29	0.04	0.16
48	0.43	0.34	0.38	0.49	0.28	0 36	eine Beobacht.		0.46	0.72	0.19	0.47	0.55	0.46	0 51	0.44	0.26	0.34	eine Beobacht.		0.32
52	eine Beobacht.		0.35	0.51	0.40	0.46	0.77	0.35	0.56	0.71	0.35	0.53	0.67	0.53	0.60	eine Beobacht.		0.33	eine Beobacht.		0.21